

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství

**Metody pro podporu rozhodování
při plánování a řízení projektů
implementace informačních systémů
v podmínkách neurčitosti**

Disertační práce

Autor:	Ing. Hana Štiková
Školitel:	Prof. Ing. Ivan Vrana, DrSc.
Obor:	Informační management

Praha 2015

Poděkování

Děkuji svému školiteli panu Prof. Ing. Ivanu Vranovi, DrSc., za jeho upřímný zájem o mou práci, cenné podněty a rady i za čas, který mi věnoval. Děkuji vedení společnosti EG - Expert, s.r.o., za možnost ověřit v praxi výsledky svého výzkumu a děkuji také své rodině za pomoc a podporu, bez nichž bych se této práci nemohla věnovat.

Obsah

1. Úvod	5
2. Motivace	7
3. Literární rešerše – přehled současného vědeckého poznání	10
3.1. Projekty a projektový management	10
3.2. Projektové plánování	11
3.3. Fuzzy přístup v projektovém plánování	12
3.4. Doba trvání projektu.....	14
3.5. Náklady projektu	16
3.6. Projektové zdroje.....	17
3.7. Používané postupy a metody	20
4. Cíle	23
5. Metody	27
6. Vlastní řešení	30
6.1. Projekt v kontextu neurčitosti.....	30
6.2. Doba trvání projektu a náklady projektu	31
6.2.1. Doba trvání projektu	32
6.2.2. Náklady projektu.....	33
6.2.3. Příklad A	35
6.3. Plánování projektových zdrojů a rizika jejich přetížení	44
6.3.1. Plánování činností	45
6.3.2. Alokace zdrojů	46
6.3.3. Úplné zatížení a přetížení zdrojů	47
6.3.4. Částečné zatížení zdrojů	49
6.3.5. Příklad B	50
6.3.6. Úpravy projektového plánu s ohledem na zatížení zdrojů.....	59
6.4. Hodnocení variant projektového plánu	61
6.4.1. Varianty projektu v prostředí neurčitosti	61
6.4.2. Metody hodnocení variant	64
6.4.3. Kritéria hodnocení	65
6.4.4. Návrh postupu	68
6.4.5. Případová studie.....	75
7. Výsledky	95
8. Přínosy práce	100

9. Závěr a náměty pro navazující výzkum	105
10. Rejstřík	108
11. Bibliografie	110
12. Vlastní publikace	118
Používané pojmy, zkratky, symboly	119
Seznam obrázků.....	125
Seznam tabulek.....	127
Příloha A: Metody síťové analýzy.....	130
Příloha B: Vybrané pojmy teorie grafů.....	131
Příloha C: Metoda kritické cesty	133
Příloha D: Základy teorie fuzzy množin a fuzzy veličin	134
Příloha E: Případová studie – aplikace navrženého postupu.....	139
E.1. Příprava variant projektového plánu	139
E.1.1. Krok 1 – Definice projektu	139
E.1.2. Krok 2 – Dekompozice projektu na činnosti	140
E.1.3. Krok 3 – Možné doby trvání	149
E.1.4. Krok 4 – Způsob stanovení nákladů	149
E.1.5. Krok 5 – Přiřazení zdrojů.....	149
E.1.6. Krok 6 – Vyhodnocení rizika přetížení zdrojů	152
E.1.7. Krok 7 - Určení celkové doby trvání a celkových nákladů projektu	155
E.1.8. Krok 8 – Aktualizace seznamu možných variant	185
E.2. Posouzení a vyhodnocení variant	186
E.2.1. Krok 1 – Určení kritérií.....	186
E.2.2. Krok 2 – Stanovení preferencí kritérií	187
E.2.3. Krok 3 – Defuzzifikace	187
E.2.4. Krok 4 – Volba metody hodnocení variant.....	188
E.2.5. Krok 5 – Výběr nejlepší varianty	188

„Give me six hours to chop down a tree and
I will spend the first four sharpening the axe.”
Abraham Lincoln

1. Úvod

Složitější práce se v mnoha oborech lidské činnosti běžně realizují formou projektů. V organizacích se projekty používají jak při řešení větších vnitropodnikových úkolů, tak při plnění díla pro jinou organizaci v rámci smluvních vztahů. Široké využití projektového řízení souvisí i s firemní strukturou a používanými metodami řízení. Často se využívá maticová organizační struktura a procesní a projektové řízení. V takovém prostředí pak pochopitelně velmi důležitou roli hraje projektový management a metody a nástroje, které používá k plánování, řízení a monitorování činnosti. Projektové řízení tak dnes patří již ke standardnímu způsobu organizace práce. Znalosti projektového řízení jsou považovány za nedílnou součást dovedností řídicích a často i řadových pracovníků.

Forma projektu se používá především k uskutečnění složitějších záměrů, kde projektové řízení zahrnuje nejen proces plánování a řízení rozsáhlých operací, ale může představovat i zajímavý tvůrčí proces. K dosažení cíle je obvykle nutné zapojit do práce větší počet tzv. zdrojů, tedy zejména pracovníků nebo zařízení či strojů vykonávajících činnosti zahrnuté do projektu. Všechny potřebné práce je třeba dokončit v požadovaném čase a realizace projektu je spojena s finančními náklady. Je tedy pochopitelné, že před zahájením vlastních prací je žádoucí dobře zvážit všechny možné varianty řešení, posoudit je z hlediska časových možností a požadavků, z nákladového hlediska i z hlediska možností využití zdrojů, které jsou k dispozici, a vybrat nejvhodnější variantu, jak projekt realizovat. I když se na začátku vybraná varianta řešení zdá být z hlediska požadovaných parametrů nejlepší, v průběhu řešení projektu se mohou objevit nové, nepředvídané nebo víceméně nahodilé skutečnosti, které budou průběh projektu ovlivňovat. Pak je často potřebné operativně zvažovat možné alternativy dalšího postupu a provést případné změny tak, aby nepříznivé dopady na cíl projektu i na časovou a nákladovou stránku jeho realizace byly pokud možno co nejmenší.

Mohou existovat projekty s podobným cílem, prostředím nebo zdroji, které ho realizují, přesto je každý projekt ve skutečnosti jiný, protože se provádí pouze jednou, v neopakovatelných podmínkách. Je samozřejmě žádoucí, poučit se z předchozích projektů a využít dobrých i špatných zkušeností získaných při jejich realizaci. Nicméně každý projekt je unikátní a je ovlivněn řadou okolností, z nichž mnohé mohou mít nahodilý charakter. Metody a nástroje používané při plánování a řízení projektu by proto měly být schopné reflektovat tuto unikátnost, proměnlivost a nahodilost či nejistotu a měly by umět s nimi pracovat.

Reálný projekt se také musí vyrovnat s běžnou komplikací, že je realizován v prostředí, kde probíhají další činnosti, jež s daným projektem nesouvisí. Buďto se jedná o činnosti, které jsou součástí

jiného projektu, nebo jsou to jiné, neprojektové, opakované či nahodilé práce, které však nelze odložit na dobu, až budou dokončeny projektové činnosti, a přitom je zapotřebí, aby se do nich zapojili pracovníci či zařízení podílející se na projektu, tj. projektové zdroje. V takovém případě se významně zvyšují požadavky na kvalitní plánování využití zdrojů a možnost jeho přeplánování. Toto plánování proto musí pracovat s reálnými, konečnými kapacitami zdrojů a umožnit posoudit rizika přetížení zdrojů, kdy by bylo některému zdroji zadáno více úkolů na stejné časové období.

Projektový management je složitý komplex mnoha různých činností, který nelze degradovat na rutinní práci nebo ovládnání softwarové aplikace. Na druhé straně je nespornou výhodou pro realizaci projektu, používá-li projektový manažer při své práci vhodnou metodiku, která je adekvátní příslušnému projektu, a má-li k dispozici nástroje, které umožňují vystihnout charakter řešených problémů a poskytují mu kvalitní podklady pro posuzování možných variant řešení a pro rozhodování, jak projekt řídit. Při rozsáhlejších projektech s velkým množstvím úkolů a komplikovanou strukturou může intuitivní řízení projektu selhávat a často se omezuje pouze na řešení operativních problémů a to zpravidla nevede k nejlepším výsledkům. S velikostí projektu tak roste význam použitých nástrojů, metod a postupů pro plánování a řízení projektu.

Kvalitní příprava projektu, při které jsou posouzeny různé možnosti a alternativy, jak projekt realizovat, jejich přednosti i rizika, a při níž je uvážlivě vybrán způsob jeho realizace a jsou identifikována opatření, která je pro úspěch projektu nutné uskutečnit, je sice časově náročná, avšak snižuje nebezpečí neúspěchu projektu. Je proto smysluplné hledat reálně použitelné nástroje a postupy, které by tuto přípravu podpořily a poskytly relevantní informace potřebné pro kvalifikované plánování a rozhodování.

2. Motivace

Projektový management představuje celou řadu aktivit, jejichž zvládnutí je předpokladem úspěšné realizace projektu. Patří sem úkoly související se specifikací předmětu projektu, činnosti zaměřené na plánování, dále jsou to rozmanité řídicí a organizační práce, monitorující a kontrolní aktivity i práce související s ukončováním projektu. V průběhu všech etap projektu je neodmyslitelnou součástí projektového managementu komunikace, vyjednávání, motivování a vytváření prostředí pro úspěšnou realizaci projektu. Kromě této svým způsobem psychologické stránky zahrnuje projektový management i činnosti, které mohou profitovat z výsledků algoritmizovatelných postupů a výpočtů. Ty mohou projektovému manažerovi pomoci vyřešit některé z úkolů například tím, že s pomocí vhodného programu rychleji nebo přehledněji zrealizuje některé rutinní práce, nebo tím, že mu program poskytne možnost simulovat průběh projektu nebo některých jeho částí a porovnat různé varianty řešení konkrétních problémů. Softwarové aplikace samozřejmě nemohou nahradit dobrý projektový management jako celek, nachází však své uplatnění zejména v etapě plánování projektu, při jeho monitorování a pak jako podpora pro rozhodování při řídicích aktivitách.

Má-li nějaký algoritmus poskytovat věrohodné výsledky, musí samozřejmě postihnout hlavní charakteristiky objektu nebo procesu, kterého se týká. V případě projektového plánování je takovým nepominutelným rysem nahodilost a nejistota, která každý projekt neodmyslitelně provází. Protože každý projekt probíhá za unikátních podmínek, spoléhat na historická data a zkušenosti z předchozích podobných projektů může být ošidné nebo pro jejich neexistenci dokonce nemožné. Nedostatek relevantních statistických dat komplikuje možnost použít algoritmy založené na stochastických modelech. Kromě toho, plánování a řízení projektu provádí lidé a ti obvykle pracují i s vágními či neurčitými pojmy typu „o něco déle“, „dost brzy“, „určitě více než“ apod. Ukazuje se, že dobrým teoretickým základem umožňujícím pracovat s takto vágními vstupními informacemi může být teorie fuzzy množin a teorie možnosti, které vznikly v šedesátých a sedmdesátých letech minulého století a u jejichž zrodu stál Lotfi A. Zadeh. Od konce sedmdesátých let se pak objevují práce, které se snaží aplikovat fuzzy přístup v oblasti projektového plánování a řízení, a byla vytvořena celá řada postupů a nástrojů, řešících různé úlohy.

Mnohé publikované práce si kladou za cíl nalézt s využitím fuzzy přístupu optimální řešení splňující požadovaná kritéria. I když by tento fakt mohl být z pohledu praktického využití velmi atraktivní, zůstává většina navrhovaných technik a algoritmů jen v oblasti teoretických výpočtů, a skutečných, praktických aplikací je poskrovnu. Ty, jež existují, pak bývají vytvořeny na míru, pro jeden konkrétní typ problémů - viz např. (Masmoudi, M. a Hait, A., 2013). K příčinám, proč navrhované postupy nemají zatím v praxi širší uplatnění, přispívá i fakt, že výpočty, jejichž cílem je řešit optimalizační úlohy, jsou u fuzzy systémů většinou komplikované, a jejich začlenění do prakticky použitelné softwarové aplikace je poměrně složité a diskutabilní.

Vyvstává tu také otázka, zda se neochuzujeme o část informace přístupem, při kterém vyjdeme z vágních, „rozmazaných“ vstupních dat a hledáme konkrétní, v jistém smyslu „nejlepší“ průběh projektu (tedy v podstatě defuzzifikované řešení). S tím koresponduje i myšlenka, se kterou se lze setkat i v literatuře, že aplikace využívající fuzzy přístup naleznou své uplatnění zejména jako nástroje pro podporu rozhodování, méně pak jako prostředek přímého stanovení optimálního řešení. Neprovedeme-li výše zmíněnou defuzzifikaci, pak postupy založené na fuzzy přístupu z principu poskytují variantní výsledky, které jsou současně spojeny s informacemi o možnostech, s jakými mohou jednotlivé varianty nastat. Tyto informace jsou pak právě oním cenným podkladem pro rozhodování.

Významnou motivací pro toto zaměření mého výzkumu v disertaci byla i skutečnost, že posledních čtrnáct let pracuji v softwarové společnosti na pozici projektového manažera a ředitele pro výzkum a realizaci. V každodenní praxi se tak setkávám s problematikou projektového řízení, ať už při plánování a řízení projektů implementace softwarových aplikací u našich zákazníků, nebo v rámci interních projektů vývoje nových softwarových produktů. Při své práci přicházím také často do kontaktu s projektovými manažery z jiných společností. Patří k nim manažeři, kteří řídí projekt implementace ze strany zákazníka, projektoví manažeři jiných IT společností, kteří se na implementaci podílejí spolu s námi jako naši obchodní partneři, nebo projektoví manažeři, se kterými se setkávám v rámci odborných školení a konferencí.

Při četných diskusích s kolegy v oboru jsem si uvědomila, jak velký je často rozdíl mezi teorií projektového managementu a praxí, se kterou se lze setkat při realizaci projektů. Nemám tím teď na mysli nedostatek vzdělání či zkušeností z oblasti projektového řízení u lidí, kteří stojí v čele projektu, ale častý názor, že některé exaktní postupy, principy a dokumenty znamenají v praxi zbytečnou práci navíc, protože stejně nepostihnou reálnou situaci projektu, například v detailním plánování, analýze rizik, sledování kapacit zdrojů aj.

V řadě prací se autoři snaží nalézt a nabídnout projektovému managementu řešení různých komplikovaných úloh. To je patrné i z literární rešerše, která je součástí mé práce (viz dále kapitola 3). Výzkumné práce věnované problémům projektového plánování a využívající k popisu neurčitosti fuzzy přístup však obvykle řeší jen jednu, nebo dvě ze tří základních částí projektu (doba trvání – náklady – zdroje) a navrhované metody bývá obvykle poměrně složité použít v praxi. Podle dostupných informací zatím nebyla popsána reálně použitelná obecná metoda, která by při respektování neurčitosti vstupních parametrů a unikátnosti projektu umožnila zpracovat informace o možném variantním průběhu projektu a poskytla podporu pro posouzení a vyhodnocení jednotlivých variant s tím, že by tato metoda používala jednotný přístup v oblasti plánování doby trvání projektu, souvisejících nákladů i práce zdrojů při respektování jejich konečné kapacity. K řešení zmíněných problémů jsem nenašla v literatuře vyhovující řešení, proto je výzkum realizovaný v rámci mé disertační práce zaměřen právě tímto směrem.

Soustředila jsem se na nástroje a postupy, které by mohly pomoci projektovému manažerovi při plánování a řízení projektu postihnout neurčitost a nejistotu, získat přehled o tom, jaký může očekávat průběh projektu, co se týče doby trvání a nákladů, odhalit předem některá rizika týkající se plánování práce zdrojů a mít možnost tato rizika zohlednit při úpravách plánu. Za důležitou při plánování projektu považuji rovněž možnost porovnat různé alternativy projektového plánu, a proto se ve své práci věnuji i této otázce. Přitom jsem se snažila respektovat požadavek, aby se výsledky mé práce daly aplikovat v praxi a jejich použití tedy nebylo příliš složité. Výsledky mého výzkumu, které jsou předmětem této disertační práce, jsem proto také ověřovala při své práci projektového manažera.

Ve své disertační práci vycházím ze svých předchozích časopiseckých a dalších publikací (viz kapitola 12) a některé části textu jsem také převzala ze svých tezí k státní doktorské zkoušce.

3. Literární rešerše – přehled současného vědeckého poznání

3.1. Projekty a projektový management

Projekty se v poslední době staly běžným pojmem v různých oblastech života. Formou projektů se řeší výzkumné úkoly, vyvíjejí nové technologické postupy a výrobky, realizují se stavby, poskytují nejrůznější služby, provádí se reorganizace firem, apod. S každým projektem je neodmyslitelně spjata projektové řízení neboli projektový management. Jeho rozsah i forma by měly korespondovat s rozsahem a předmětem projektu a mají bezprostřední vliv na jeho úspěch projektu. Podle již klasické definice projektového managementu (Kerzner, 1998) je projektový management souhrn aktivit spočívající v plánování, organizování, řízení a kontrole zdrojů společnosti, s relativně krátkodobým cílem, který byl stanoven pro realizaci určitých cílů a záměrů. Pro srovnání světové sdružení projektových manažerů Project Management Institut PMI[©] definuje projektový management jako aplikaci znalostí, schopností, nástrojů a technologií na aktivity projektu tak, aby tyto splnily požadavky projektu (PMBOK[®] Guide, 2013). I když používají jiná slova, zdůrazňují obě definice, že hlavním smyslem projektového managementu je splnění cíle, tj. naplnění předmětu projektu. K jeho dosažení pak slouží různé nástroje, techniky a postupy. Trochu jinak, pragmaticky, pak požadavek na projektový management formuluje ve svém článku M. Levinson (2008), která zdůrazňuje, že nejlepší projektoví manažeři jsou ti, kteří důsledně, včas a v souladu s rozpočtem, předávají projekty, jež splňují nebo překračují očekávání zainteresovaných stran. Shrňme-li všechny tyto tři pohledy na projekt, dostáváme tři hlavní charakteristiky projektu, někdy také nazývané projektový trojimperativ (Rosenau, 2003): specifikace cíle, časový plán a náklady, které souvisí s využitím zdrojů při realizaci projektu.

Situaci v oblasti projektového managementu dobře ilustrují výsledky nedávných průzkumů. Jako příklad uveďme průzkum, který proběhl v roce 2012 ve Spojených státech amerických a týkal se dovedností v oblasti IT, po kterých bude v roce 2013 největší poptávka (Pratt, 2012). Průzkum ukázal, že 40% podniků, které předpokládají, že budou hledat nového pracovníka z oblasti IT, bude shánět projektového manažera, a že tato profese je na druhém místě v pořadí deseti profesí, o které je v IT oboru největší zájem. V dalším průzkumu realizovaném v České republice Společností pro projektové řízení (Arazimová, 2012) uvedlo 40% respondentů, že důležitým předpokladem pro úspěch projektu je kvalifikovaný projektový manažer, který umí používat nástroje a metody projektového řízení. Přitom více než třetina oslovených projektových manažerů z řad členů Společnosti pro projektové řízení a partnerských organizací této společnosti pracuje v oboru informačních technologií. Jako třetí příklad uveďme průzkumy týkající se vedení projektů, které provedla opakovaně v roce 2012 a 2013 v České republice a na Slovensku společnost Ernst & Young (Tisková zpráva, 2012), (Tisková zpráva, 2013). Průzkumy potvrdily rostoucí důraz na kvalitu a efektivní realizaci projektů a ukázaly, že v poslední době k nejčastěji realizovaným projektům patří projekty modernizace IT. Mezi typická hodnotící kritéria řadí respondenti průzkumu včasnost dokončení a dodržení rozpočtu. Průzkum z roku 2013 ukázal, že téměř

15 % projektů překročí o více než 20% rozpočet projektu a 30 % projektů překročí o více než 20 % jeho stanovený konečný termín.

Výzkum a vývoj dobrých nástrojů, které poskytnou projektovému manažerovi relevantní informace a umožní mu tak kvalifikované plánování a rozhodování, je proto nanejvýš potřebný a smysluplný. Tím spíše, že nároky na projektové manažery se zvyšují v souvislosti s tím, jak roste složitost projektů. Bližší orientace na projekty implementace informačních systémů je pak naprosto v souladu s významným podílem projektů z oblasti informačních technologií mezi všemi v současnosti realizovanými projekty, jak to mimo jiné naznačují i výše uvedené průzkumy.

3.2. Projektové plánování

Při plánování projektu se objem prací vedoucí ke splnění konečného cíle projektu standardně postupně hierarchicky rozkládá až na jednotlivé činnosti, tj. dílčí úkoly, jejichž splnění zajišťují tzv. zdroje, které mohou být různého typu – pracovníci (nebo jejich skupiny), zařízení, stroje (nebo jejich skupiny), suroviny, energie, peníze apod. Cílem je vytvořit realizovatelný plán postupu, na jehož základě bude možné nejen plánovat a řídit využití jednotlivých zdrojů v čase, ale i komunikovat a koordinovat spolupráci s dalšími subjekty (externími nebo interními) zainteresovanými na projektu, plánovat případné externí subdodávky či služby a v neposlední řadě pak sledovat a vyhodnocovat postup realizovaných činností. Kromě splnění vlastního cíle projektu musí plánování a řízení projektu obvykle respektovat i další požadavky, které mohou být nejrůznějšího charakteru: minimalizace doby trvání projektu, minimalizace projektových nákladů, maximalizace výnosů aj. V úvahu tak přichází celá řada úloh, které je možné klasifikovat z různých hledisek (Herroelen, a další, 1999) a podle toho zvolit i způsob jejich řešení. Jedním z kritérií klasifikace mohou být zdroje – jejich počet, obnovitelnost, dostupnost. Jiným kritériem mohou být činnosti – to, zda je možné je přerušit, způsob, jak na sebe navazují, možnost jejich zahájení, ukončení, jak je zadána doba trvání, jaké jsou požadavky na zdroje, zda a jak jsou svázány s peněžními toky, zda se uvažují doby přesunu mezi činnostmi. Dalším kritériem pro klasifikaci mohou být požadavky na optimalizaci – minimalizace doby trvání projektu, minimalizace zpoždění jednotlivých činností, minimalizace nákladů, maximalizace výnosu apod. Přitom matematické vyjádření těchto optimalizačních kritérií lze definovat různými způsoby.

Implementace informačních systémů znamenají často větší projekty a úlohy, se kterými se musí vypořádat, mohou patřit do mnoha různých skupin. Mezi hlavní rizika související s plánováním činností projektu, která ohrožují dosažení cíle u tohoto typu projektů, patří dodržování termínů, kvalita a rychlost řešení problémů, kapacitní zabezpečení projektu, včasné a vyhovující zabezpečení zdrojů (lidských, popř. technických) a v rámci podmínek pro realizaci projektu rovněž přiměřený rozpočet (Vrana, I. a Richta, K., 2005). U tohoto typu projektů se při plánování a řízení projektu zřejmě nejběžněji setkáváme – viz např. (Al-Fawaz, a další, 2008), (Muscatello, a další, 2008), (Chen, a další, 2009) – s požadavky,

keré se týkají doby trvání projektu i jednotlivých činností a s tím souvisejících nákladů a s problémem dostupnosti zdrojů.

Při projektovém plánování se k popisu struktury činností, z nichž se projekt skládá, a jejich návazností standardně používají metody síťové analýzy. Lze je využít k popisu časové i nákladové stránky projektu a řešit jimi přiřazení zdrojů k jednotlivým činnostem. Existuje celá řada těchto metod a některé, často používané, jsou stručně charakterizovány v Příloze A. Zaměříme se nyní na významný rys každého projektu, kterým je jeho unikátnost. Ta vyplývá ze samotné definice projektu, podle níž je cíl projektu vždy jedinečný a jedinečné jsou i podmínky, za kterých probíhá. Historická data, získaná při předchozích podobných projektech, proto často nemusí být spolehlivá, případně nemusí být vůbec k dispozici. Plánování projektu je tedy nutně spojeno pouze s odhady, jak bude projekt časově probíhat – jak dlouho budou trvat jednotlivé činnosti, jaká bude reálná dostupnost zdrojů, kdy budou dostupné externí subdodávky nebo služby subdodavatelů, atd. Je pochopitelné, že předem nelze naplánovat všechny různé změny, které mohou při realizaci projektu nastat (a obvykle některé opravdu nastanou): činnosti mohou trvat kratší nebo delší dobu než se odhadovalo, zdroje (pracovníci, stroje) se mohou zdržet při realizaci jiné činnosti, nebo nejsou z jiných důvodů v požadovaný čas k dispozici, externí subdodávky nebo externí služby subdodavatelů mohou být dostupné v jinou dobu, než se plánovalo, jsou požadovány změny v termínech nebo změny ve struktuře činností, vyvstane potřeba nových, neplánovaných činností, apod.

Za těchto okolností je pak třeba uvážit, zda je pro plánování takového projektu použitelná metoda založená na pevně, deterministicky, stanovených dobách trvání činností, kalkulacích nákladů popř. dalších parametrech, nebo zda existuje dostatek relevantních dat, aby bylo možné použít metodu založenou na statistickém modelu. Ukazuje se, že i když v prvním přiblížení mohou deterministické či statistické metody někdy poskytovat celkem rozumné výsledky, v případech, kde není možné využít historických analogií, nebo tam, kde je nutné se spolehnout jen na lidský odhad jednotlivých parametrů založený na zkušenostech či intuici, může být použití těchto metod značně problematické (Demeulemeester, E.L. a Herroelen, W.S., 2002). Odhady navíc bývají často nepřesně formulované nebo poněkud vágního typu: činnost bude trvat určitě více než dva dny a méně než pět dnů, nejspíš tři dny. Pro matematické vyjádření takových nepřesných nebo neurčitých formulací se nabízí využít fuzzy přístup, jehož základem je Zadehova teorie fuzzy množin (Zadeh, 1965) a na ní navazující teorie možnosti (Zadeh, 1978), a při plánování projektu aplikovat metody založené na těchto teoriích. Tak by bylo možné respektovat reálně existující neurčitost i nejistotu přítomnou při plánování projektu.

3.3. Fuzzy přístup v projektovém plánování

Myšlenka využít fuzzy přístup k modelování neurčitosti při popisu projektu není nová a od doby vzniku uvedených teorií bylo publikováno velké množství literatury věnované jejich aplikaci na problémy projektového managementu. Obecně je oprávněnost jejich použití zdůvodněna neurčitostí

provázející každý druh projektu a pro projekty, kde je míra neurčitosti obzvlášť velká, jako jsou projekty z oblasti IT nebo výzkumné a vývojové projekty, to pochopitelně platí ještě víc (Kuchta, 2010).

Ze sémantického pohledu lze fuzzy přístup použít za prvé pro vyjádření neurčitosti na úrovni neúplných, nejistých nebo vágních informací či dat, za druhé při stanovení podobnosti či blízkosti (např. vyjádření typu „o něco delší než“) a za třetí při specifikaci podmínek či omezení, kde je potřebné jemnější vyjádření vztahu, než jaké umožňují binární výrazy typu „platí-neplatí“, „všechno-nic“ (Słowiński, R.; Hapke, M., 2000). Procesy plánování a řízení projektu jsou konfrontovány s různým stupněm neurčitosti ve smyslu všech tří výše uvedených významů a fuzzy teorie a fuzzy čísla jako nástroj k matematickému vyjádření neurčitosti byla různým způsobem postupně aplikována na většinu běžných veličin a parametrů, se kterými projektový management pracuje. Postupy a metody pro podporu projektového plánování, řízení a rozhodování jsou předmětem mnoha výzkumných prací jak teoretického charakteru, tak prací, jejichž cílem bylo navrhnout numerické metody či vytvořit počítačové programy, které by bylo možné využít v praxi. Rozmanitosti úloh, které se řeší formou projektů, a širokému spektru různých úkolů, jež řeší projektový management, odpovídá i různorodost zkoumaných témat a navrhovaných řešení. Kromě obrovského množství článků publikovaných v mnoha různých odborných časopisech existuje i celá řada monografií věnovaných aplikaci fuzzy přístupu při plánování a řízení projektů. Příkladem mohou být některé díly řady „Studies in Fuzziness and Soft Computing“, které se věnují vybraným oblastem aplikace fuzzy teorie a snaží se soustředit významné práce z daného oboru. Využití fuzzy přístupu v oblasti plánování je věnován například díl „Scheduling Under Fuzziness“ (Słowiński, R.; Hapke, M., 2000), na aplikaci fuzzy teorie v oblasti optimalizace je zaměřen například díl Fuzzy Optimization (Lodwick, W.A.; Kacprzyk, J., 2010).

Použití postupů vycházejících z teorie fuzzy množin při plánování a řízení projektů může mít dva důvody (Dubois, a další, 2003). Na jejich základě je možné modelovat jednak neostrá nebo nejednoznačně definovaná omezení procesů, jednak vstupní parametry projektu (např. doby trvání činností) zadané variantním, nejednoznačným způsobem.

Jak už bylo naznačeno, typickým příkladem projektů, pro které je fuzzy modelování projektu vhodné, jsou projekty na vývoj software, projekty, které řeší úpravy software pro zákazníka, a projekty implementace software (Özdamar, L. a Alanya, E., 2000). Kromě toho, že jsou tyto projekty do značné míry podobné obecným vývojovým projektům, u kterých také není předem podrobně známa cesta vedoucí ke splnění cíle, zahrnují tyto projekty i málo známé prostředí zákazníka. Často nejsou v okamžiku plánování projektu požadavky zákazníka dostatečně detailně specifikované nebo se v průběhu projektu vyvíjejí, zásadní vliv na výsledky projektu mají kromě členů projektového týmu na straně dodavatele (tj. softwarové společnosti) i jeho členové na straně zákazníka, pro úspěch projektu je důležitá podpora ze strany managementu apod. Úloha realisticky naplánovat dobu trvání projektu i jednotlivých činností, odhadnout s tím související náklady a řešit problém dostupnosti zdrojů je proto

u tohoto typu projektů mimořádně komplikovaná a existence podpůrného nástroje poskytujícího věrohodné informace pro plánování a řízení projektu je nanejvýš žádoucí.

Při plánování větších projektů, u kterých nejsou k dispozici údaje z předchozích analogických projektů, je žádoucí, aby se na přípravě vstupních dat pro plán projektu, jako jsou například odhady dob trvání jednotlivých činností, podílelo několik lidí a jejich jednotlivé předpoklady se pak vhodným způsobem agregovaly. Návrhy vhodných metod agregace jsou předmětem řady výzkumných prací – viz např. (Sadiq, R. a Husain, T., 2005), (Tastle, W.J. a Wierman, M.J., 2007), (Zhang, Z. a Chu, X., 2009), (Vrana, a další, 2012), přehled různých způsobů fuzzy agregace a průměrování lze nalézt např. ve (Vaníček, a další, 2009).

3.4. Doba trvání projektu

Uvedli jsme, jak je u softwarových, výzkumných či vývojových projektů, zpravidla obtížné předem přesně určit dobu potřebnou pro vykonání jednotlivých činností. Nicméně ve většině případů je před vlastním zahájením projektu třeba alespoň odhadnout celkovou dobu trvání projektu a často i dobu trvání jeho dílčích etap. Tyto údaje bývají běžně součástí smluvních ujednání mezi zákazníkem a dodavatelem softwarového řešení, resp. implementátorem, a většinou je vyžadováno, aby byl stanoven termín dokončení projektu. Doba trvání proto obvykle patří k přísně sledovaným parametrům projektu.

Pro účely plánování a včasného rozpoznání případných problémů byl zaveden pojem tzv. kritické cesty. Kritickou cestou v projektu rozumíme posloupnost navazujících činností od zahájení projektu k jeho ukončení, která má mezi všemi takovými posloupnostmi nejdelší možnou dobu trvání. Znamená to, že v případě, že se prodlouží doba provedení kterékoliv činnosti, jež je součástí kritické cesty, prodlouží se nutně i doba trvání celého projektu. Pojmu kritická cesta v projektu je věnována Příloha C, zde se soustředíme na její využití v kontextu fuzzy přístupu k plánování doby projektu. Při fuzzy přístupu k problematice plánování dob trvání činností a celého projektu se doby trvání jednotlivých činností nahrazují fuzzy čísla či fuzzy veličinami (podrobněji viz Příloha D) a v souladu se Zadehovým principem rozšíření (Zadeh, 1975) se zavádí pojem fuzzy kritické cesty.

Problematikou stanovení fuzzy kritické cesty se zabývala řada autorů. Jako jeden z prvních aplikoval teorii fuzzy množin na problémy plánování projektu Prade, který detailně rozebral možnosti tohoto, tehdy nového, využití teorie fuzzy množin (Prade, 1979). V roce 1981 navrhli Chanas a Kamburowski fuzzy PERT model (FPERT), kteří vyšli ze statisticky založené metody PERT (Program Evaluation and Review Technique) a pro vyjádření neurčitosti dob trvání činností využili teorii fuzzy množin (Chanas, S., Kamburowski, J., 1981). Další autoři se snažili aplikovat fuzzy přístup nejen na charakteristiku dob trvání jednotlivých činností, ale i na stanovení kritické cesty (McCahon, C.S. a Lee, E.S., 1988), (Liberatore, M.J. a Conelly, J.F., 2001). Přitom museli řešit problém porovnávání fuzzy čísel, tj. matematický problém, jak zavést pro fuzzy čísla relaci uspořádání. K této problematice lze totiž

přistupovat různými způsoby (Wang, X.; Kerre, E.E., 2001). Zatímco výsledkem prvních navržených metod pracujících s fuzzy čísly bylo pouze stanovení nejdříve možného zahájení jednotlivých činností, další výzkum se orientoval na doplnění výpočtů nejdříve možného začátku každé činnosti o výpočet jejího nejpozději přípustného ukončení, viz např. (McCahon, C.S. a Lee, E.S., 1988), případně o výpočty hrozícího skluzu (Nasution, 1994). Další autoři se zabývali stanovením nejpozději možného zahájení činností v rámci stanovené struktury činností projektu (Dubois, a další, 2003). Liang a Han řešili poněkud jinak postavenou úlohu, když kromě metody pro stanovení kritické cesty projektu navrhli i způsob, kterým by bylo možné stanovit i stupeň možnosti, s jakým projekt skončí v předem určeném čase (Liang, G.-S. a Han, T-Ch., 2004). Zielinski se kromě algoritmů pro výpočet nejdříve možného a nejpozději přípustného okamžiku zahájení činnosti zabýval i algoritmy pro výpočet časové rezervy jednotlivých činností (Zielinski, 2005). Gazdik řešil problém fuzzy sítě, tj. případu, kdy jsou nepřesně zadány nejen doby trvání, ale i samotná struktura projektu a k výpočtu doby trvání projektu a jeho kritické cesty použil fuzzy algebraické operátory (Gazdik, 1983). Chen a Hsueh využívají ve své práci k výpočtu dolní a horní meze pro doby trvání činnosti princip rozšíření a metod lineárního programování, určují nejkritičtější cestu a pro jednotlivé cesty určují relativní stupeň kritičnosti (Chen, 2007), (Chen, S.-P., Hsueh, Y.-J., 2008). Yakhchali a Ghodsypour řeší spolu s problémem nejdříve možného a nejpozději přípustného okamžiku zahájení činnosti i otázku minimálních časových skluzů jednotlivých činností (Yakhchali, S.H. a Ghodsypour, S.H., 2010). Autoři Liu, Yang a Lin navrhuje určovat u jednotlivých činností stupeň neurčitosti a na jeho základě pak stanovují odhad času ukončení každé činnosti. Navrhují také nový fuzzy Ganttův diagram, který pro každou činnost znázorňuje neurčitost týkající se času jejího zahájení a ukončení (Liu, a další, 2010). Sireesha a další autoři navrhuje použít místo fuzzy čísel pro charakteristiku dob trvání činností fuzzy intervaly (Sireesha, a další, 2012a). Galvez, Ordieres-Meré a Capuz-Rizo využívají citlivostní analýzu k identifikaci činností, které nejvíce přispívají k neurčitosti doby trvání projektu. Na tyto činnosti je pak třeba se zaměřit, aby se snížilo riziko prodloužení projektu (Galvez a další, 2015).

Z hlediska praktického použití není jednoznačně dáno, jak správně určit funkci příslušnosti pro fuzzy veličiny používané při plánování projektu. Jeden z možných způsobů navrhl Rommelfanger, který doporučuje vycházet z optimistických a pesimistických odhadů odborníků a stanovit pro každou veličinu šestibodovou funkci příslušnosti (Rommelfanger, 1990). Ve snaze zjednodušit výpočty však někteří autoři pracují při popisu dob trvání činností i s jinými tvary funkce příslušnosti. Někteří, jako např. (Dubois, D. a Prade, H., 1980), (McCahon, C.S. a Lee, E.S., 1988), (Kaufmann, A. a Gupta, M.M., 1988), (Kumar, A. a Kaur, P., 2010), (Elizabeth, S. a Sujatha, L., 2015) uvažují fuzzy čísla s funkcí příslušnosti, která má trojúhelníkový průběh (zkráceně trojúhelníková fuzzy čísla). Jiní, pracují s fuzzy čísly typu L-R, která představují zobecnění trojúhelníkových fuzzy čísel (Chanas, S. a Zieliński, P., 2001), (Sireesha, a další, 2012b). Další autoři jako např. (Liang, G.-S. a Han, T-Ch., 2004), (Shahsavari pour, a další, 2010), (Sathish, S. a Ganesan, K., 2011), (Usha Madhuri, a další, 2013) používají

lichoběžníková fuzzy čísla. V literatuře jsou také diskutovány dopady různých způsobů zadání funkce příslušnosti, tzv. reprezentace fuzzy čísel, na složitost výpočtů (Kumar, A. a Kaur, P., 2010).

3.5. Náklady projektu

Dalším projektovým parametrem, který je kromě doby trvání projektu v podstatě vždy v centru pozornosti, jsou v souladu s výše uvedenou definicí projektu náklady projektu. Je to zcela přirozené, protože u projektu realizovaného pro zákazníka znamenají náklady v porovnání s prodejní cenou projektu zisk či ztrátu dodavatelské společnosti a u vnitřního projektu pro vlastní společnost představují režijní náklady, které rovněž přímo ovlivňují výsledek hospodaření společnosti. Nedílnou součástí přípravy projektu je příprava rozpočtu projektu. Jeho první verze vzniká zpravidla v etapě rozhodování, zda nebo jakým způsobem projekt realizovat. Více či méně detailní rozpočet projektu bývá u externích projektů prováděných pro zákazníka jedním z nezbytných podkladů pro smluvní jednání. Rozpočet projektu také běžně podléhá schvalovacímu procesu. Po zahájení projektu má pak schválený rozpočet funkci etalonu, se kterým se realizovaný projekt obvykle průběžně porovnává. Zjištěné odchylky, zejména ty, které představují vyšší náklady, než s jakými se v rozpočtu počítalo, vyvolávají zpravidla přijímání různých korektivních opatření. A po ukončení projektu je pochopitelné, že se celkové skutečné náklady projektu porovnávají s očekávanými náklady uvedenými v jeho rozpočtu, který tak představuje jedno z měřítek úspěšnosti projektu. Je tedy zřejmé, že dobré nástroje pro plánování a řízení nákladů jsou pro projektový management velmi přínosné, ne-li zcela nezbytné.

V předchozí kapitole jsme stručně shrnuli nejdůležitější témata, kterými se zabývají výzkumné práce orientované na využití fuzzy přístupu v oblasti plánování a řízení projektu z hlediska doby trvání jednotlivých činností a celého projektu. Z pochopitelných důvodů je v nich hlavní myšlenkou minimalizace doby trvání. Protože doba, po kterou probíhají jednotlivé činnosti, zpravidla úzce souvisí i s vynaloženými náklady, má hledání nejkratší možné doby trvání projektu bezprostřední dopad i na jeho nákladovou stránku. I když kratší doby trvání činností nemusí – mimo jiné s ohledem na různé typy nákladů (fixní, variabilní, přímé, nepřímé ...) – vždy nutně znamenat snížení nákladů, existují oprávněné důvody, proč bývá doba trvání projektu často nejdůležitějším parametrem sledování projektu. Minimalizace času, po který jsou zdroje zaměstnány činnostmi realizovaného projektu, umožní, že budou zdroje dříve dostupné pro další projekty. U externích projektů je obvykle většina plateb zákazníka za realizaci projektu svázána s posledními etapami projektu, takže rychleji realizovaný projekt znamená dřívější příjem finančních prostředků. Při plánování v dlouhodobém časovém horizontu navíc s časem narůstá nejistota a neurčitost. Minimalizace projektového trvání tuto nejistotu částečně snižuje. Není tedy divu, že problematice doby trvání projektu je věnováno v literatuře zaměřené na plánování projektu nejvíce pozornosti (Demeulemeester, E.L. a Herroelen, W.S., 2002).

Přes úzkou souvislost mezi dobou trvání a náklady projektu je s ohledem na výše popsany význam sledování nákladů při plánování a řízení projektu vhodné věnovat nákladům samostatnou

pozornost. Vhodnost a potřeba využití fuzzy přístupu v této oblasti byla identifikována v práci různých autorů – viz např. (Maravas, A. a Pantouvakis, J.P., 2012). Mon, Cheng a Lu použili jako základ metodu PERT/cost, která představuje rozšíření metody PERT o ekonomické ukazatele, a navrhují metodu fuzzy PERT/cost pro sledování doby trvání projektu ve vztahu s jeho náklady. Využívají také α -řezů pro určení míry rizika (Mon, a další, 1995). Boussabaine a Elhag zkoumají využití fuzzy přístupu v oblasti řízení cash-flow (Boussabaine, A.H. a Elhag, T., 1999). Wang a Liang popsali postup, jak řešit metodami lineárního programování multikriteriální problém minimalizace celkových projektových nákladů a celkové doby trvání projektu s ohledem na přímé i nepřímé náklady, penalizaci související s prodloužením doby trvání a omezený nákladový rozpočet (Wang, R.Ch. a Liang, T.F., 2004), (Liang, 2009). Jiní autoři řeší problematiku současné optimalizace doby trvání a nákladů projektu pomocí technik využívajících genetické algoritmy (Zheng, a další, 2004) (Jin, a další, 2005). Yao a další navrhli pro podporu finančního managementu projektu použít fuzzy stochastický model s jednou periodou (Yao, a další, 2006). Ghazanfari, Shahanaghi a Yousefli ve své práci představují přístup k řešení úlohy časové a nákladové optimalizace využívající zobecněné techniky lineárního programování a parametry ve tvaru asymetrických trojúhelníkových fuzzy čísel (Ghazanfari, a další, 2008). Ke a Liu uvádějí ve své práci příklad hybridního inteligentního algoritmu, který využívá techniku fuzzy simulace a genetického algoritmu (Ke, H. a Liu, B., 2010). Wang a Yang se zaměřili na úlohu minimalizace celkových projektových nákladů, doby trvání projektu a nákladů spojených s nejkratší možnou dobou trvání projektu a při řešení používají defuzzifikaci a upravenou interaktivní metodu lineárního programování. Pracují s trojúhelníkovými fuzzy čísly a pro zjednodušení předpokládají lineární závislost přímých nákladů na době trvání činnosti (Wang, M.J. a Yang, M.F., 2011). Současnému vyhodnocování doby trvání a nákladů se v poslední době věnovali také Maravas a Pantouvakis, kteří navrhli metodu, jež umožňuje určit, jaké náklady bude třeba v závislosti na čase vynaložit na realizaci jednotlivých činností projektu, jejichž doba trvání je dána fuzzy čísly. Přitom uvažují pro každou činnost konstantní výši nákladů bez ohledu na dobu jejího trvání (Maravas, A. a Pantouvakis, J.P., 2012).

3.6. Projektové zdroje

Třetí hlavní charakteristikou projektu v souladu s dříve uvedenou definicí projektu jsou projektové zdroje. Oblast jejich plánování a řízení je významnou součástí řízení projektů, protože každý projekt se realizuje právě prostřednictvím těchto zdrojů. Řídit projekt pak znamená především řídit zdroje. I když mohou být za zdroj považovány i peníze, v dalším textu budeme plánováním zdrojů rozumět plánování práce lidí, případně strojů či jiných zařízení, a budeme se zabývat jejich přiřazením jednotlivým činnostem, ze kterých se projekt skládá, a vyhodnocením efektivnosti jejich využití. Stranou také ponecháme jinak významnou součást managementu zdrojů, tedy především lidských zdrojů, a to otázky komunikace, vyjednávání, organizování schůzek apod.

Již v etapě plánování projektu je třeba zohlednit omezení týkající se dostupnosti nebo spíše případné nedostupnosti některých zdrojů v některých časových intervalech během projektu. A ačkoliv se v některých zjednodušujících metodách projektového plánování k tomu nepřihlíží, je třeba pracovat s tím, že kapacita reálných zdrojů je vždy konečná. V praxi se navíc často vyskytují případy, kdy se tato konečná kapacita zdroje dělí ještě mezi několik projektů. Běžně také dochází k tomu, že se různá omezení týkající se zdrojů v průběhu realizace projektu nečekaně mění, a jsou tedy ve skutečnosti jiná, než jaká byla předpokládána při plánování projektu. Již z těchto několika uvedených důvodů je zřejmé, že plánování a řízení zdrojů se rovněž musí vyrovnávat s mnoha projevy nejistoty a neurčitostí.

Většina projektů představuje řešení rozsáhlých úkolů a k jejich realizaci je obvykle zapotřebí využít většího množství různých zdrojů. S rostoucím počtem činností ve struktuře projektu a s rostoucím počtem využitých zdrojů samozřejmě narůstá i složitost plánování a řízení projektu. Naplánovat přiřazení zdrojů k jednotlivým činnostem tak, aby byly efektivně využity jejich schopnosti, dovednosti, případně parametry a zohledněna omezení související s jejich dostupností v průběhu projektu a přihlédnout přitom s rozumným rizikem k nejistotám týkajícím se budoucího vývoje má bezesporu významný vliv na to, zda vůbec, jak a kdy se podaří splnit cíl projektu (e Silva, L.C. a Costa, A.P.C.S., 2013), a samozřejmě i na to, jaké s tím budou souviset náklady a jaké budou výnosy projektu. Dobrý management zdrojů má ovšem strategický význam nejen pro konkrétní projekt, ale i pro obchodní úspěch celé společnosti, která projekty realizuje, protože pro ni může znamenat významnou konkurenční výhodu (Huemann, a další, 2007). Ukazuje se tedy, že je nanejvýš smysluplné hledat a vytvářet i pro tuto oblast projektového managementu rozumné a spolehlivé nástroje, které by usnadnily plánování, řízení a rozhodování. Obvykle totiž existuje více variant řešení a nalezení optimální varianty vyžaduje, aby byly k dispozici relevantní informace o jednotlivých variantách a jejich dopadech na průběh projektu (Svozilová, 2006).

Východiskem pro plánování zdrojů je základní plán projektu obsahující všechny činnosti projektu s vyjádřením vzájemných návazností jednotlivých činností. K jednotlivým činnostem tohoto plánu se pak přiřazují zdroje potřebné pro jejich realizaci. Nemusí to samozřejmě být jen pracovníci (či zařízení) týmu, který projekt vykonává. Některé činnosti mohou být realizovány i prostřednictvím externích subdodávek, s některými může souviset dodávka materiálu – při projektech implementace informačních systémů například dodávky hardware apod. Plán projektu je však zranitelný jak díky nejistotám a neurčitostem provázejícím etapu plánování, tak ze strany změn, které nebylo možné při plánování projektu dost dobře předvídat. Fuzzy přístup k plánování činností a zdrojů dává možnost tuto neurčitost do značné míry zohlednit a představuje tak významný nástroj pro podporu rozhodování (Herroelen, W. a Leus, R., 2005).

Zavedením zdrojů se výpočty projektového plánu komplikují. Ukazuje se, že optimalizační úlohy tohoto typu známé jako „resource-constrained project scheduling problems“ (RCPSP) patří mezi

NP-těžké úlohy (Demeulemeester, E.L. a Herroelen, W.S., 2002), pro které není znám efektivní způsob přesného řešení. Předmětem mnoha výzkumných prací je proto hledání efektivních technik umožňujících jejich řešení za různých omezujících či zjednodušujících podmínek. Výčet nejběžnějších postupů a technik používaných při řešení úloh projektového plánování s odkazem na odborné články, v nichž jsou dané techniky využity, je uveden v následující kapitole.

V literatuře se objevují články týkající se výzkumu fuzzy modelů projektu s omezeními, která se týkají zdrojů, od osmdesátých let minulého století. Mjelde se věnoval problému neurčitosti v přiřazování zdrojů činnostem a řešil je s využitím technik lineárního programování (Mjelde, 1986). Hapke použil fuzzy přístup k modelování projektu vývoje software. Pracuje s fuzzy čísly typu L-R a s využitím α -řezů transformuje fuzzy problém na sadu deterministických problémů. Heuristickou metodou pak pro každý α -řez určuje optimistickou a pesimistickou variantu (Hapke, a další, 1994). Hapke a Slowinski zobecnili heuristickou metodu priorit pro řešení problémů projektového plánování s omezeními týkajícími se zdrojů s tím, že tato omezení jsou zadána pomocí fuzzy parametrů (Hapke, M. a Slowinski, R., 1996). Pro tento typ problémů zkoumali stejní autoři také možnosti využití zobecněné heuristické metody Paretova simulovaného žihání s využitím dvou různých metod porovnání fuzzy čísel (Hapke, M. a Slowinski, R., 2000). Leu, Chen a Yang navrhli nový model vyrovnávání zdrojů (resource leveling), který zohledňuje doby trvání činností zadané jako fuzzy čísla, a k výpočtům použili techniku genetických algoritmů k nalezení optimálního rozložení zdrojů pro různé míry rizika dané α -řezy (Leu, a další, 1999). Özdamar a Alanya se ve své práci zaměřili také na projekty vývoje software a pracovali s neurčitostí jak v době trvání činností, tak v topologii projektových činností. S cílem zjednodušit plánování a sledování projektu použili také pojem makročinnosti jako skupiny několika souvisejících činností. Jejich zavedením však narůstá neurčitost týkající se doby jejich trvání. Ve své práci navrhli heuristickou metodu poskytující informace usnadňující přípravu projektového plánu (Özdamar, L. a Alanya, E., 2000). Yousefli a další navrhli použít pro plánování projektu s omezeními týkajícími se zdrojů model, kde jsou doby trvání činností, dostupnost zdrojů a požadavky na zdroje ze strany činností dány fuzzy čísly trojúhelníkového typu se symetrickou odchylkou, a tento model řešili navrženou heuristickou metodou (Yousefli, a další, 2008). Pro zobrazení výsledků použili trojrozměrný Ganttův diagram s osami pro čas, činnost a stupeň možnosti. Mukherjee a Basu řešili úlohu přiřazení zdrojů jednotlivým činnostem s podmínkou minimalizace celkových nákladů, pracovali s neurčitými náklady na každý zdroj zadanými fuzzy čísly trojúhelníkového nebo lichoběžníkového typu a po defuzzifikaci řešili úlohu metodami lineárního programování (Mukherjee, S. a Kajla, B., 2010). Ke a Liu řešili úlohu jak naplánovat přiřazení zdrojů činnostem tak, aby nenarůstaly ani celkové náklady projektu ani celková doba trvání projektu. K výpočtům použili hybridní inteligentní algoritmus zahrnující techniky fuzzy simulace a genetických algoritmů (Ke, H. a Liu, B., 2010). Mohamed, Hagrass, Shakya a Owsu řešili úlohu optimalizace přiřazení zdrojů činnostem s využitím hierarchického fuzzy systému a evolučních algoritmů (Mohamed, A. a další, 2013). Zaraket, Olleik a Yassine využili pro

řešení složitých výpočtů souvisejících s úlohou přiřazení zdrojů činnostem meta-heuristické algoritmy (Zaraket a další, 2014). Zhang studoval možnost řešit problém projektového plánování s omezenými zdroji pomocí vícekriteriální optimalizace s fuzzy koeficienty (Zhang, 2014). Masmoudi a Haït navrhli novou techniku umožňující modelovat neurčitost nejen v určení doby trvání ale i v zatížení zdrojů. Navrhli zobecnění metod Resource Constrained Scheduling a Resource Leveling (Kim, a další, 2005) tak, aby byly použitelné i pro operace s fuzzy parametry, a pro vlastní výpočty využili technik hladového (greedy) a genetického algoritmu. Pro zjednodušení výpočtů uvažují fuzzy čísla trojúhelníkového nebo lichoběžníkového typu (Masmoudi, M. a Haït, A., 2013). Tulasi a Rao řeší problémy přiřazování zdrojů při plánování projektu a využívají metodu fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process) (Tulasi, Ch.L. a Rao, A.R., 2015).

3.7. Používané postupy a metody

Součástí výzkumných prací zabývajících se problematikou fuzzy projektového plánování bývá obvykle i návrh metody umožňující numericky řešit konkrétní typ problému. Přitom, jak už jsme se zmínili výše, optimalizační úlohy tohoto typu patří často svou složitostí mezi NP-těžké úlohy. Výzkum směřující k nalezení uspokojivých technik či algoritmů je celkem pochopitelně motivován snahou vytvořit použitelný nástroj (softwarové řešení), který by usnadnil a zefektivnil přípravu projektového plánu a poskytl projektovému managementu relevantní informace potřebné pro přípravu plánu v souladu s požadavky na termíny, náklady, zdroje apod. Literatura věnovaná návrhu různých technik a algoritmů, které mohou být využity při výpočtech týkajících se plánování a řízení projektu, je proto rozsáhlá a prolínají se v ní různé úlohy projektového plánování. Každá z navržených technik byla obvykle zamýšlena pro určitý typ úloh, každá má své výhody a nevýhody. Provést kategorizaci a vzájemné porovnání jednotlivých metod by mohlo být užitečné, nicméně tento úkol, který by vzhledem k širokému spektru řešených úloh poskytl materiál pro rozsáhlou samostatnou monografii, směřuje mimo rámec mé disertační práce. Dále je proto uveden jen výčet nejběžnějších používaných postupů a technik spolu s příklady odborných prací, v nichž jsou dané techniky využity.

Řada autorů využívá metod lineárního programování, pro jejichž řešení jsou často známy spolehlivé algoritmy. Při řešení úloh se obvykle využívá tzv. defuzzifikace, kdy se veličinám, které mají charakter fuzzy čísel, přiřazují klasické, ostré hodnoty, které je v jistém smyslu nejlépe reprezentují, a pro ně se pak použijí metody lineárního programování. Teoretickým základem tohoto postupu je práce Bellmana a Zadeha (Bellman, R.E. a Zadeh, L.A., 1970). Jedním z prvních, kdo využil metodu lineárního programování pro řešení úloh spojených s fuzzy systémy, byl pak Zimmermann (1976), který dokázal existenci odpovídající ostré úlohy lineárního programování. Tyto postupy se uplatňují při řešení úloh, které se týkají dob trvání projektu, např. (Chanas, S. a Zieliński, P., 2001), (Ghazanfari, a další, 2008), (Kumar, A. a Kaur, P., 2010), (Usha Madhuri, a další, 2013) aj., i při multikriteriálních optimalizačních úlohách např. (Mjelde, 1986), (Hussein, M. a Abo-Sinna, M.A., 1995), (Wang, H.F. a

Fu, C.C., 1998), (Wang, R.Ch. a Liang, T.F., 2004), (Mukherjee, S. a Kajla, B., 2010), (San Cristóbal Mateo, J. R., 2015) aj. Hlavní rozdíly, kterými se od sebe tyto metody odlišují, vyplývají z použitých typů agregačních operátorů a tvarů funkcí příslušnosti, tj. uvažovaných typů fuzzy čísel.

Jinou cestou postupuje Shahsavari a další, kteří navrhli způsob, jak řešit úlohu fuzzy lineárního programování s využitím funkce umožňující porovnávat fuzzy čísla, aniž by v některém kroku použil postup defuzzifikace (Shahsavari a další, 2010).

Dalším typem metod užívaných při řešení optimalizačních úloh projektového plánování jsou genetické algoritmy. Této techniky se využívá často v kombinaci s jinými postupy. K řešení optimalizace projektových nákladů a doby trvání projektu při různých úrovních rizika využili genetických algoritmů např. (Leu, a další, 2001), (Zheng, a další, 2004), (Jin, a další, 2005). Ke a Liu použili genetický algoritmus spolu s technikou fuzzy simulace v rámci hybridního inteligentního algoritmu (Ke, H. a Liu, B., 2010). Zhang a další využili k minimalizaci doby trvání při omezených celkových nákladech techniku genetického algoritmu spolu s technikou hybridního inteligentního algoritmu (Zhang, a další, 2012). Li a Dai transformovali pomocí techniky fuzzy simulace problém kritické cesty na optimalizační problém, který řešili pomocí hybridního algoritmu, který kombinoval metodu dynamického programování a genetický algoritmus (Li, Z. a Dai, X., 2013). Ke a Ma navrhli použít metodu využívající fuzzy simulace a genetické algoritmy pro nalezení kvazi-optimálního plánu na základě zadaných kritérií tak, aby navržený plán představoval s ohledem na zadaná kritéria přijatelný kompromis mezi požadavky na dobu trvání projektu a projektové náklady (Ke, H. a Ma, W., 2015).

Jiní využívají při výpočtech algoritmy programování s omezujícími podmínkami, jako např. Relich, který je aplikuje na výpočty projektového plánu v prostředí většího počtu projektů (Relich, 2014). Doby trvání a náklady projektu charakterizuje pomocí α -řezů a provádí výpočty, jejichž cílem je určit optimistickou a pesimistickou variantu a několik variant ležících mezi nimi.

Někteří autoři využívají pro řešení souvisejících úloh grafické metody. Např. Sireesha a další s využitím navržené grafické metody určují nejkratší možnou a nejdelší přípustnou dobu trvání projektových činností a celkový časový skluz a používají ji i ke stanovení kritické cesty projektu (Sireesha, a další, 2012a).

K dalším používaným postupům patří využití různých heuristických algoritmů. Ty jsou využívány zejména při řešení složitých multikriteriálních optimalizačních úloh v oblasti plánování zdrojů – viz např. (Hapke, a další, 1994), (Hapke, M. a Słowinski, R., 1996), (Hapke, M. a Słowinski, R., 2000), (Özdamar, L. a Alanya, E., 2000), (Yousefli, a další, 2008).

Poměrně široký přehled různých metod a přístupů, které se v poslední době využívají pro výpočty týkající se projektového plánování s omezenými zdroji, zpracoval M. Abdolshah, který vybral více než 200 publikovaných článků různých autorů a pokusil se analyzovat a kategorizovat používané

modely, metody a postupy (Abdolshah, 2014). Přehled byl samozřejmě ovlivněn výběrem článků, nicméně lze na něm dokumentovat, že problematika plánování projektů se zaměřením na projektové zdroje je velmi aktuální, že fuzzy přístup k řešení uvedených problémů patří k používaným technikám a v neposlední řadě i to, že zbývá řada problémů, které se v této oblasti dosud nepodařilo uspokojivě vyřešit.

V předchozích odstavcích jsme se zmínili o typech metod a postupů, které se při výpočtech týkajících se plánování a řízení projektu objevují asi nejčastěji. Nicméně se ukazuje, že navržené metody a postupy zůstávají až na výjimky v teoretické rovině nebo na úrovni modelových příkladů a na své praktické uplatnění dosud čekají. Může to samozřejmě být dáno komplikacemi při převedení některých řešení do praxe, zejména pokud výsledky výzkumné práce nejsou aplikovány v uživatelsky použitelném softwarovém produktu. Může to však být i problém spolupráce mezi výzkumnými pracovišti a organizacemi, které by výsledky výzkumu v praxi vyzkoušela. Projektovým manažerům z praxe totiž může připadat, že takové postupy jsou příliš složité a že na jejich ověřování ani nemají dost času – bohužel někdy trochu ve stylu „pro samou práci při kácení stromů není čas nabrousit sekeru“.

Narážíme tu však ještě na jednu, možná poněkud filozofickou otázku. Plánování a řízení projektu se účastní projektoví manažeři a další specialisté, kteří na základě svých znalostí, zkušeností a své profesní intuice formulují předpoklady a svá očekávání, jak by mohl projekt probíhat. Chybějící přesné informace o plánovaném projektu, jež principiálně nemohou být v době přípravy projektu projektů k dispozici, se nahrazují takto získanými daty, která se využijí jako vstupní údaje pro modelování možného průběhu projektu. Za těchto okolností stojí za zvážení, zda je vždy nezbytné hledat algoritmus, který by na základě těchto odhadovaných vstupních údajů exaktním způsobem našel jediné nejlepší řešení. Zda není někdy efektivnější shromáždit dostupná předpokládaná data, zpracovat je a ukázat možné varianty řešení spolu s jejich charakteristikami (jako jsou např. doby trvání, náklady, rizika apod.) doplněnými o informaci, jaká je možnost, že jednotlivé situace mohou nastat, a nechat konečné rozhodnutí o způsobu řešení na projektovém manažerovi, popř. dalších zúčastněných odbornících. Ostatně i v případě, že by byl k dispozici algoritmus, který by umožnil stanovit svým způsobem optimální řešení problému, bude vždy rozhodnutí, zda toto řešení přijmout nebo ne, záležet na lidech podílejících se na vedení projektu.

4. Cíle

Provedená literární rešerše potvrdila, že výzkum metod a postupů pro podporu plánování a řízení projektu a souvisejícího rozhodování je stále aktuální. Je to zcela ve shodě s mou vlastní zkušeností a poznatky, které mám možnost si ověřit i při rozhovorech s jinými projektovými manažery, s nimiž se setkávám v rámci své dlouholeté praxe v oblasti implementace softwarových aplikací. Ačkoliv mnohé bylo v tomto směru vykonáno, hledání efektivních nástrojů je i nadále v centru pozornosti. Souvisí to jistě s širokým využitím projektů, jako prostředku pro realizaci větších úkolů – úkolů realizovaných v průběhu delšího období, na nichž se podílí větší počet řešitelů a se kterými je zpravidla spojen i větší objem finančních prostředků.

Jednou z typických oblastí, kde se projektové řízení standardně využívá, je implementace informačních systémů. Projekty tohoto typu se vyznačují v etapě přípravy značným stupněm neurčitosti a nejistoty. Souvisí to s tím, že probíhají za jedinečných podmínek (situace v každé společnosti je jiná), obvykle v obtížně predikovatelném prostředí, za účasti většího počtu lidí a specifikace jejich cíle i postupu řešení se může v průběhu řešení doplňovat či jinak upravovat. Úspěch projektu implementace informačního systému ovlivňuje mnoho faktorů. Bezsporu k nim patří ekonomická, organizační a personální stránka projektu, podpora ze strany managementu, skutečnost, do jaké míry implementovaný informační systém podporuje strategické cíle společnosti a řada dalších. Studium všech těchto faktorů však přesahuje rámec mé práce, v níž se zaměřím jen na projektové plánování a řízení. Kvalitní naplánování a řízení projektu klíčovým způsobem ovlivňuje průběh i výsledky projektu. Projektový manažer řeší během životního cyklu projektu celou řadu náročných úkolů. Základem mnoha z nich je komunikace – se členy projektového týmu, s uživateli, s manažery zákazníka i vlastní organizace, s případnými dalšími obchodními partnery, kteří se na projektu podílejí, apod. – a řešení personálních a organizačních záležitostí. Projektový manažer má na starosti strukturu a organizaci prací, které je v průběhu projektu třeba vykonat, časovou stránku projektu a splnění klíčových termínů projektu. Řeší personální zabezpečení jednotlivých činností a problémy s tím související. Musí reagovat na požadavky na změny v projektu, které se objeví v průběhu řešení, a zvažuje možná rizika ohrožující realizaci projektu. Nese rovněž zodpovědnost za ekonomickou stránku projektu.

Protože organizační, personální a ekonomické aspekty řízení projektu bývají často zdrojem hlavních rizik projektu, je nanejvýš žádoucí, aby měl projektový manažer možnost zvážit v době přípravy projektu různé alternativy organizace projektu, a měl co nejvíce informací o tom, jak se projekt může vyvíjet. Je výhodné, když může v plánu zohlednit i případné odchylky, které by mohly nastat. Pro plánování práce členů projektového týmu je také vhodné, bude-li předem vědět co nejvíce o potenciálních problémech vyvolaných tím, že by některý člen týmu měl pracovat v jednom okamžiku na více činnostech najednou, a v důsledku tohoto konfliktu by nemohly být dodrženy očekávané termíny dokončení příslušných činností. Samozřejmě je také žádoucí, aby měl projektový manažer informace

o ekonomických dopadech možného průběhu projektu. Bude-li mít projektový manažer k dispozici pokud možno jednoduché nástroje a postupy, které mu poskytnou co nejvíce z uvedených informací, bude se moci jednak kvalitněji připravit na průběh projektu, jednak se mnohem více věnovat řešení aktuálních věcných problémů při vlastní realizaci projektu. Takto řízené projekty tak budou mít větší šanci na to, aby byly úspěšné.

Záměrem mé disertační práce je proto rozšířit a doplnit metody pro podporu rozhodovacích procesů při plánování a řízení projektu. Přitom by navržené postupy měly umožnit

- respektovat jedinečnost každého projektu,
- reflektovat nahodilost a neurčitost jevů ovlivňujících průběh projektu,
- porovnat a vyhodnotit různé varianty řešení,
- poskytnout projektovému manažerovi podporu pro rozhodování pokud možno v komplexní, podobě, tj. současně z časového a ekonomického hlediska.

Z širokého okruhu rozhodovacích problémů projektového manažera se zaměřím na následující činnosti, pro které mají postupy navržené v disertační práci poskytovat podporu, a to na možnost

- posouzení variant řešení projektu současně z časového i nákladového hlediska,
- plánování zdrojů a vyhodnocení rizik jejich přetížení.

Na základě provedených rozborů a rešerše literatury se mi jako vhodný aparát a teoretický základ pro řešení vytčených záměrů jeví teorie fuzzy množin a veličin, která umožňuje dobře modelovat neurčitost, nejistotu či vágnost vstupních informací a pracovat s nimi.

Cíle mé disertační práce jsou tedy následující:

Hlavní cíl 1: Navrhnout metodu umožňující posoudit plán projektu jak z časového, tak nákladového hlediska, která by umožnila zohlednit neurčitost v plánování dob trvání činností projektu a přitom určit, jaké lze očekávat doby trvání a jaké náklady projektu, a to včetně kvantifikace možnosti, že projekt bude příslušnou dobu trvat nebo že bude při jeho realizaci potřeba příslušné náklady vynaložit.

Vedlejší cíl 1.1: Využít principů fuzzy teorie a odvodit vztah pro funkci příslušnosti nákladů projektu.

Hlavní cíl 2: Navrhnout metodu, která bude respektovat neurčitost při plánování práce projektových zdrojů a přitom umožní odhadnout čas, kdy budou jednotlivé projektové činnosti probíhat, a jaké je riziko, že dojde k tzv. přetížení projektového zdroje (tj. jaké je riziko, že zdroji bude na stejnou dobu přidělena účast na více činnostech).

Vedlejší cíl 2.1: Využít principů fuzzy teorie a odvodit vztah pro funkci příslušnosti charakterizující možnost, že projektový zdroj bude v daném okamžiku vykonávat danou činnost.

Vedlejší cíl 2.2: Využít principů fuzzy teorie a odvodit vztah pro funkci příslušnosti charakterizující riziko, že projektovému zdroji bude v daném okamžiku plánována práce na více činnostech najednou.

Hlavní cíl 3: Navrhnout postup, který umožní porovnat a vyhodnotit různé varianty projektového plánu, jejichž hlavní charakteristiky – doba trvání projektu a projektové náklady – jsou popsány pomocí metody navržené dle 1. hlavního cíle. Navržený postup by měl být prakticky využitelný při přípravě projektů implementace informačních systémů.

Vedlejší cíl 3.1: Ukázat použitelnost navržených metod a postupu na modelovém příkladu projektu.

Kromě splnění uvedených hlavních a vedlejších cílů by má práce měla také ověřit následující dvě pracovní hypotézy:

- 1. hypotéza:** Přestože při plánování projektu vycházíme pouze z odhadovaných možných dob trvání jednotlivých činností, lze odvodit vztahy, které poskytují více informace o zatížení a možných rizicích přetížení projektových zdrojů, než jaké máme k dispozici v případě deterministicky stanovených hodnot dob trvání.
- 2. hypotéza:** Necht' při porovnávání variant projektového plánu jsou jejich hlavní charakteristiky (tj. doba trvání projektu a projektové náklady) popsány v souladu s principy fuzzy teorie pomocí fuzzy veličin s odpovídajícími funkcemi příslušnosti. Jestliže provedeme v nějakém kroku defuzzifikaci těchto veličin, nutně ztrácíme informaci o míře neurčitosti hodnot těchto veličin a nemůžeme nadále tuto neurčitost při vyhodnocování variant zohlednit a využít.

Metody a postupy, jež jsou cílem mé disertační práce, mají poskytovat podporu pro rozhodování ve všech třech základních oblastech projektového plánování (čas, náklady, zdroje) a umožnit poměrně komplexně posoudit a zvážit plánovaný průběh projektu a jeho případné varianty.

I když mohou být odvozené postupy obecně aplikovány na libovolný projekt, z praktického důvodu se omezíme na projekty z oblasti implementace informačních systémů. Na příkladu takového projektu bude také dokumentována použitelnost navržených technik. K volbě tohoto druhu projektů přispěl nejen fakt, že na nich lze dobře demonstrovat všechny typické problémy související s nejistotou, která plánování projektu provází, ale samozřejmě i skutečnost, že v této oblasti pracuji, mám s implementací informačních systémů z pozice projektového manažera mnohaleté praktické zkušenosti

a jako vedoucí projektu v softwarové společnosti mohu využít a ověřit výsledky svého výzkumu i bezprostředně v praxi.

5. Metody

Metody, které používám při své disertační práci, korespondují s výše uvedenými cíli práce. Má práce se proto dělí

- na část teoretickou, ve které v souladu s prvními dvěma hlavními a s nimi souvisejícími vedlejšími cíli odvozují vztahy pro nové závislosti vybraných veličin vstupujících do plánování projektu a na modelových příkladech ukazují možnosti a přínosy použití navržených metod,
- na část, v níž v souladu s třetím hlavním cílem ukazují, jak využít odvozené teoretické vztahy při návrhu postupu, který by umožnil porovnat a vyhodnotit různé varianty projektového plánu s respektováním neurčitosti v plánování projektu,
- na část, ve které v souladu s posledním vedlejším cílem demonstrují na příkladu projektu implementace informačního systému, jak lze navržený postup aplikovat.

Při popisu struktury projektu, dekompozici projektu na jednotlivé činnosti a k postižení logických návazností mezi činnostmi používám metody síťové analýzy. Ty patří ke standardním metodám používaným k popisu sítě prvků, které jsou vzájemně mezi sebou propojeny nebo mají mezi sebou nějakou souvislost, a jsou tedy vhodným nástrojem pro charakteristiku věcné, technologické i časové návaznosti jednotlivých činností projektu. Umožňují popsat strukturu činností, které jsou součástí projektu, umožňují plánovat čas, náklady a zdroje na jednotlivé činnosti a na základě toho pak tyto činnosti řídit v souladu s cíli projektu – viz např. (Rosenau, 2003), (Svozilová, 2006), (Gros, 2009).

V souvislosti s metodami síťové analýzy využívám ve své práci i některé pojmy z teorie grafů, které se používají k popisu struktury činností jako tzv. síťové grafy. Ve své práci využívám variantu hranově ohodnocených (definovaných) grafů, ve které hrany grafu představují činnosti v projektu a uzly jejich návaznosti (resp. události mezi činnostmi).

Používám také pojem kritická cesta, který je základem klasické deterministické metody síťové analýzy, metody kritické cesty (Critical Path Method - CPM), jež patří ke standardním metodám projektového managementu. Pojem kritická cesta však mé práci nemá deterministický charakter, jako tomu je v metodě CPM, ale používám ho v zobecněném významu, který je v souladu s hlavním teoretickým základem mé práce, kterým jsou principy fuzzy teorie.

Již několikrát jsme poukázali na to, že unikátní projekty, které jsou ovlivňované mnoha nahodilými okolnostmi a jejichž součástí jsou nové, nerutinní činnosti, je problematické popsat pomocí klasických, deterministických metod. Při plánování projektu a při rozhodování o způsobu jeho realizace však potřebujeme získat informace o době trvání projektu, jeho nákladech či vytížení jednotlivých projektových zdrojů. V situaci, kdy dobu trvání činností můžeme často jen odhadovat na základě zkušeností nebo subjektivních názorů, představuje deterministický přístup jen základní přiblížení

k realitě a problematické může být i použití pravděpodobnostních vstupů, pro které obtížně stanovujeme statistický model. Na základě poznatků, které jsem získala při studiu odborné literatury, a ve shodě s cíli mé práce, se proto hlavním teoretickým východiskem pro mou disertační práci staly principy fuzzy množin a fuzzy veličin.

Při návrhu postupu, jak porovnat a vyhodnotit různé varianty projektového plánu, u nichž jsou doba trvání projektu a projektové náklady popsány pomocí fuzzy veličin, řešíme úlohu vícekritériálního rozhodování. Protože jsou varianty popsány fuzzy veličinami, bylo by možné zaměřit se na některou metodu vícekritériálního hodnocení respektující principy fuzzy teorie – např. fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Proces), fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), apod. Tyto metody však patří k poměrně náročným na prováděné výpočty. V souladu s třetím cílem mé práce však hledám takové řešení, které by pokud možno nebylo příliš komplikované, aby bylo prakticky použitelné a nevedlo k zbytečnému prodloužení přípravy projektu a jeho prodražení. Je také potřeba mít na mysli, že navrhovaný postup nesměruje k automatizaci procesů a vždy se předpokládá lidská intuice a rozhodnutí manažera. Proto bude v práci ještě ověřována druhá pracovní hypotéza formulovaná v předchozí kapitole a bude diskutována možnost, zda by nebylo možné použít jednodušší řešení, s využitím defuzzifikace dosažených výsledků, nicméně tak, abychom neztratili informace týkající se neurčitosti průběhu projektu.

Rozdělení první, teoretické části práce koresponduje s příslušnými dvěma hlavními cíli prováděného výzkumu, které jsou zaměřeny na odvození vhodných teoretických vztahů, které by umožňovaly

- posuzovat varianty řešení projektu současně z časového i nákladového hlediska,
- plánovat práci zdrojů a vyhodnocovat riziko jejich přetížení.

Pro každou oblast nejprve definuji veličiny relevantní ke sledovanému cíli. Pro tyto veličiny uvedu známé, resp. odvodím standardními matematickými postupy nové teoretické vztahy, které popisují jejich chování nebo závislost na jiných, známých veličinách. Následně budu na jednoduchém modelovém příkladu demonstrovat použití odvozených vztahů a diskutovat jejich výhody i případná omezení.

V teoretické části práce jsem na místo formálního členění na definice, věty a důkazy zvolila formu plynulého textu. Považuji tuto formu s postupným odvozováním a diskusí nových vztahů v rámci souvislého textu za adekvátnější cílům mé práce, tj. návrhu a popisu metod a postupu, které jsou určeny pro praktické využití.

V druhé části práce se věnuji možnostem hodnocení variant projektu, jsou-li doba trvání projektu a projektové náklady popsány pomocí fuzzy veličin, a návrhu postupu, jak tyto varianty porovnat a vyhodnotit tak, aby byl postup prakticky využitelný.

Použitelnost teoreticky odvozených vztahů, navržených metod a postupu dokumentuji na příkladu projektu implementace informačního systému v třetí části mé práce. Je popsán příslušný projekt včetně variant řešení, které přicházejí v úvahu, jsou provedeny příslušné výpočty a na základě jejich výsledků jsou porovnány a vyhodnoceny možné varianty projektu.

Při numerických výpočtech využívám softwarové aplikace a utility, které z části vznikly v rámci výzkumného projektu financovaného prostřednictvím Interní grantové agentury Provozně ekonomické fakulty České zemědělské univerzity v Praze (Štiková a Vrana, 2011-2012). Výpočty, které probíhají v rámci těchto aplikací, se provádějí podle odvozených teoretických vztahů a poskytují výstupy v číselné, případně grafické podobě. Cílem mé disertační práce není vytvořit komerčně použitelný software, nicméně jeho příprava by mohla být logickým pokračováním mé práce.

6. Vlastní řešení

6.1. Projekt v kontextu neurčitosti

Velkým problémem, se kterým se plánování a řízení projektů potýká, je neurčitost. Cenným zdrojem zkušeností jsou podobné, dříve realizované projekty a vedoucí projektu na jejich základě může získat odhad, jak se může nový, plánovaný projekt vyvíjet. Nicméně každý projekt je jedinečný, probíhá za více či méně individuálních podmínek a je ovlivňován unikátními událostmi. Obzvláště u projektů s vysokým podílem vývojových prací, u projektů zavádění nových technologií či postupů nebo při implementaci software je plánování velmi závislé na zkušenostech a předvídatosti vedoucího projektu. Projektový manažer (případně širší projektové vedení) při plánování projektu zvažuje různé eventuality a možnosti, události, které mohou projekt ovlivnit, a přihlíží i ke konkrétním zdrojům, které má k dispozici pro řešení projektu. Na povaze projektu, jeho velikosti, množství zdrojů, které budou projekt realizovat, na klíčových ukazatelích úspěšnosti projektu, na finančních i časových možnostech a dalších omezeních a okolnostech pak záleží priority, se kterými bude projektový manažer k plánování a řízení projektu přistupovat.

Jak už bylo zmíněno v kapitole 3.2, projektové plánování musí kromě splnění hlavního cíle projektu vyhovovat i dalším požadavkům a omezujícím podmínkám. Projekt tedy musí splňovat více kritérií současně a projektové plánování a řízení probíhá v multidimenzionálním prostředí. Nejčastěji se setkáváme s podmínkami, které se týkají doby trvání projektu i jednotlivých činností, realizačních nákladů a dostupnosti a vytížení zdrojů. Ve většině případů lze přiřadit požadavky k některé ze tří hlavních projektových charakteristik - čas, zdroje a náklady – které tak tvoří hlavní dimenze projektového managementu. Z povahy projektu a závažnosti jednotlivých požadavků vyplývá, která hlediska (dimenze) budou nejdůležitější a musí mít při plánování projektu a jeho realizaci největší priority a která lze brát pouze jako doplňující. S tím pak souvisí i volba metod a nástrojů, které bude projektový manažer využívat.

Na volbu nejvhodnějšího postupu má zásadní vliv i velikost, resp. rozsah a složitost projektu, tj. množství činností, doba trvání, počet zdrojů, které budou v průběhu projektu využity, náklady na projekt, očekávané výnosy a samozřejmě i význam projektu pro společnost, která projekt realizuje nebo pro kterou je projekt realizován. Je samozřejmé, že na jednoduché projekty není nutné aplikovat složité metodiky, které by v důsledku znamenaly jen zbytečné navýšení pracnosti, a tedy i nákladů na projekt. Avšak i pro jednodušší projekty může být vhodný nástroj pro posouzení možných variant řešení přínosem. Naopak u velmi složitých projektů bude rozumné neřešit celý projekt dohromady do nejmenšího detailu, ale nejprve projekt rozdělit na dílčí etapy a z úrovně celého projektu posuzovat tyto etapy jako jakési „makro-činnosti“ a až teprve v dalším kroku řešit jednotlivé etapy v potřebném detailu.

Ve své práci jsem se snažila reagovat na tyto potřeby a vytvořit odpovídající metody a nástroje, pomocí kterých by vedoucí projektu mohl získat podklady pro své rozhodování při projektovém

plánování a řízení. Věnovala jsem se všem třem hlavním dimenzím projektového managementu a snažila se postihnout i nutnost posuzovat projekt současně z více hledisek, tj. postihnout multidimenzionálnost projektového managementu.

Z důvodů uvedených v předchozích kapitolách jsou teoretickým východiskem mé práce principy fuzzy teorie. Základní pojmy a vztahy této teorie i dalších oborů, ze kterých při odvozování nových vztahů vycházím, jsou uvedeny v samostatných přílohách

Příloha A: Metody síťové analýzy

Příloha B: Vybrané pojmy teorie grafů

Příloha C: Metoda kritické cesty

Příloha D: Základy teorie fuzzy množin a fuzzy veličin

V dalším textu se budu na potřebné vztahy uvedené v těchto přílohách jen odvolávat.

6.2. Doba trvání projektu a náklady projektu

Doba trvání projektu a náklady projektu patří při plánování a realizaci projektu tradičně k nejsledovanějším ukazatelům. Plánovaná délka trvání projektu a její dodržení bývají většinou jedním z kritérií při výběru způsobu řešení či dodavatele, který bude projekt realizovat. Podobně jsou středem pozornosti i náklady na projekt, které s délkou trvání projektu zpravidla úzce souvisí. Doba trvání i náklady se velmi pečlivě zvažují při přípravě projektu, při volbě mezi případnými alternativami a sledují se důsledně i při jeho vlastní realizaci, neboť nárůst doby trvání nebo nákladů představuje obvykle významné komplikace.

K překročení plánovaných projektových nákladů může dojít z mnoha různých důvodů, nicméně prodloužení doby trvání projektu oproti původnímu plánu je pravděpodobně tou nejběžnější příčinou. S prodloužením doby, po kterou je třeba vázat (alokovat) zdroje realizující projekt, narůstají obvykle náklady na financování těchto zdrojů. Překročení doby plánované na projekt, některou jeho etapu, případně činnost, může být také spojeno s penalizací. Prodlužování doby trvání projektu způsobuje komplikace při koordinaci navazujících činností a zabezpečování dostupnosti zdrojů. Vynucené přeplánování znamená rovněž nárůst pracnosti, v tomto případě zejména pro vedoucího projektu, a tedy další nárůst projektových nákladů.

Dobrý odhad doby trvání projektu a možná rizika jejího nedodržení (zejména překročení, protože zkrácení doby trvání projektu většinou vážné problémy nezpůsobuje) je proto velmi důležitý.

Jak už bylo uvedeno, myšlenka využít fuzzy veličiny k popisu neurčitosti doby trvání projektu není nová. V dalších odstavcích však ukážu, jak je možné s využitím vztahů, které se mi podařilo

odvodit, postihnout neurčitost i v oblasti nákladů. Použití odvozených teoretických vztahů při posuzování možného průběhu projektu budu dokumentovat na modelovém příkladu. Odvozené vztahy využijeme rovněž při posuzování různých variant řešení projektu.

6.2.1. Doba trvání projektu

Při fuzzy přístupu k plánování projektu se klasické veličiny, které popisují projekt a které jsou ovlivněny zmíněnou neurčitostí či vágností, nahrazují v souladu se Zadehovým principem rozšíření (Zadeh, 1975) fuzzy veličinami (viz Příloha D). Ty mohou nabývat více hodnot a jsou charakterizovány funkcemi příslušnosti, jež pro každou hodnotu veličiny udávají stupeň možnosti, s jakým lze očekávat, že veličina může této hodnoty nabýt. Operace s fuzzy veličinami se pak definují pomocí jejich funkcí příslušnosti a byly většinou rovněž odvozeny na základě principu rozšíření.

Uvažujme projekt, který se skládá z N činností, které označíme A_i , $i = 1, 2, \dots, N$ a $N \in \mathcal{N}$. Označme t_i dobu trvání činnosti A_i . Budeme-li doby trvání činností chápat jako fuzzy veličiny, bude i doba trvání cesty fuzzy veličinou, kterou určíme jako fuzzy součet dob trvání jednotlivých činností na této cestě. Uvažujme cestu P_s , kterou tvoří k činností A_j , kde $j \in \{i_1, i_2, \dots, i_k\}$ a $i_1, i_2, \dots, i_k, k \in \mathcal{N}$, $k \leq N$. Doba T_s trvání cesty P_s je pak fuzzy součet

$$T_s = t_{i_1} \oplus t_{i_2} \oplus \dots \oplus t_{i_k} . \quad (6.2.1)$$

S ohledem na praktické využití lze dále přijmout zjednodušující předpoklad, že doby trvání činností t_i nabývají pouze celočíselných hodnot, které jsou násobkem časové jednotky vhodně zvolené vzhledem k potřebám projektu.

Označíme-li $\mu_i(x_i)$ funkci příslušnosti doby trvání činnosti A_i , je funkce příslušnosti doby trvání T_s cesty P_s s využitím vzorce (D.6) dána výrazem

$$\mu_{T_s}(z) = \sup [\min (\mu_{i_1}(x_{i_1}), \mu_{i_2}(x_{i_2}), \dots, \mu_{i_k}(x_{i_k})) : x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k} \in \mathcal{Z}, x_{i_1} + x_{i_2} + \dots + x_{i_k} = z]$$

pro všechna $z \in \mathcal{Z}$. (6.2.2)

Při porovnávání délek, tj. celkových dob trvání, jednotlivých cest použijeme relaci uspořádání, kterou jsme pro dvě fuzzy veličiny definovali vztahem (D.8). Pro cesty P_s a P_r s dobami trvání T_s a T_r platí, že cesta P_s je fuzzy delší než cesta P_r (tj. $T_s \supseteq T_r$, nebo zjednodušeně $P_s \supseteq P_r$) se stupněm možnosti

$$\mu_{T_s \supseteq T_r}(T_s, T_r)$$

a naopak se stupněm možnosti

$$\mu_{T_r \supseteq T_s}(T_s, T_r)$$

je cesta P_r delší než cesta P_s , tj. $T_r \supseteq T_s$, nebo zjednodušeně $P_r \supseteq P_s$. Důsledkem této neurčitosti je, že při fuzzy přístupu není žádná cesta kritickou cestou absolutně, ale jen do jisté míry. A podobně o jiné, fuzzy kratší cestě můžeme prohlásit, že není kritickou cestou také jen do jisté míry.

Označíme-li \mathcal{P} množinu všech cest v daném grafu, pak množina všech kritických cest \mathcal{P}_c bude tvořit fuzzy podmnožinu množiny \mathcal{P} a pro její funkci příslušnosti μ_c bude platit

$$\mu_c(P_s) = \min (\mu_{T_s \geq T_r} (T_s, T_r) : P_r \in \mathcal{P}) \quad \text{pro všechny cesty } P_s \in \mathcal{P} . \quad (6.2.3)$$

Lze dokázat (Mareš, 2000), že vždy bude existovat alespoň jedna cesta P_s , pro kterou $\mu_c(P_s) = 1$, a bude-li takových cest více, budou mít společnou modální hodnotu své doby trvání. Tuto cestu nazveme fuzzy kritickou cestou P_c a můžeme k ní určovat rezervy ostatních cest. Je zřejmé, že tyto rezervy budou opět fuzzy veličinami. Fuzzy rezervu r_{c-s} cesty P_s vůči fuzzy kritické cestě P_c určíme takto

$$r_{c-s} = T_c \oplus (-T_s) . \quad (6.2.4)$$

Funkce příslušnosti rezervy cesty P_s vůči fuzzy kritické cestě P_c je pak dána vztahem

$$\mu_{r_{c-s}}(z) = \sup [\min (\mu_{T_c}(x), \mu_{T_s}(x-z)) : x \in \mathcal{R}] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R} . \quad (6.2.5)$$

nebo pokud uvažujeme podle dříve uvedeného předpokladu jen celočíselné doby trvání

$$\mu_{r_{c-s}}(z) = \max [\min (\mu_{T_c}(x), \mu_{T_s}(x-z)) : x \in \mathcal{Z}] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{Z} . \quad (6.2.6)$$

Z výše uvedeného vyplývá, že fuzzy rezervy mohou i pro některé nekritické cesty nabývat s jistou možností záporných hodnot. To odpovídá možnosti, se kterou může prodloužení doby trvání činnosti na nekritické cestě prodloužit dobu trvání projektu. Tato neurčitost dobře koresponduje s reálnou nejistotou ve skutečných projektech a odvozený vztah umožňuje vyjádřit možnost, s jakou se může některá, původně nekritická cesta stát kritickou. Informace o stupni možnosti, s jakým se nějaká cesta může stát kritickou, je při fuzzy přístupu k plánování projektu kvalitativně jiná než informace o velikosti časové rezervy vůči kritické cestě v deterministickém významu. I když je totiž časová rezerva nekritické cesty vůči kritické cestě velká, může být stupeň možnosti, že se původně nekritická cesta stane kritickou, vysoký, a pak je činností na této původně nekritické cestě třeba věnovat velkou pozornost, aby nezpůsobily prodloužení projektu.

6.2.2. Náklady projektu

V předchozí kapitole jsme se věnovali době trvání projektu. Neméně důležité při plánování projektu je i sledování jeho možných nákladů, neboť realizace projektů je zpravidla podmíněna nemalými finančními vstupy. I když s rostoucí dobou trvání projektu náklady, které je nutno na jeho realizaci vynaložit, obvykle rostou, obecně to neplatí, a tak je žádoucí spojit s časovým plánováním

projektu i nákladové. Navrhovaný postup lze použít při plánování různých druhů nákladů, přímých i nepřímých, fixních i variabilních. Přímé náklady, ať už fixní nebo variabilní vztáhneme k činnostem projektu. Bude-li třeba do kalkulace nákladů projektu zahrnout i nepřímé náklady, aniž bychom je rozpouštěli na jednotlivé skutečné činnosti začleněné do projektu, lze je vztáhnout k fiktivní činnosti (činnostem), která může mít nulovou dobou trvání a kterou začleníme do projektu, např. na jeho začátek nebo konec. Nadále proto budeme hovořit obecně o nákladech projektu.

Označme si c_i náklady spojené s realizací činnosti A_i , $i = 1, 2, \dots, N$. Tyto náklady jsou bez újmy na obecnosti funkcí doby t_i , tj. doby trvání činnosti A_i , případně funkcí doby trvání dalších činností. Protože doby trvání činností jsou fuzzy veličinami, budou i náklady fuzzy veličinou. Jsou-li náklady c_i spojené s realizací činnosti A_i funkcí doby trvání n činností $A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_n}$, kde $n \in \mathcal{N}$, $n \leq N$, tj. jsou-li dány funkcí $c_i = c_i(t_{i_1}, t_{i_2}, \dots, t_{i_n})$, bude funkce příslušnosti μ_{c_i} nákladů c_i popsána v souladu s (D.7) vztahem

$$\mu_{c_i}(z) = \sup [\min (\mu_{t_{i_1}}(t_{i_1}), \mu_{t_{i_2}}(t_{i_2}), \dots, \mu_{t_{i_n}}(t_{i_n})) : z = c_i(t_{i_1}, t_{i_2}, \dots, t_{i_n})] \text{ pro všechna } z \in \mathcal{Z}. \quad (6.2.7)$$

Funkce závislosti nákladů na době trvání činností může mít libovolný průběh. Může být rostoucí, klesající, či jakákoliv jiná, lineární i nelineární. S ohledem na způsob, jak je v praxi výpočet nákladů většinou zadán, je však obvykle možné přijmout zjednodušující podmínku, že náklady na realizaci činností A_i jsou funkcí doby trvání pouze této činnosti A_i a žádné jiné. Vztah (6.2.7) se pak zjednoduší

$$\mu_{c_i}(z) = \mu_{t_i}(t_i), \quad \text{kde } z = c_i(t_i). \quad (6.2.8)$$

Výše uvedený vztah potvrzuje, co jsme mohli intuitivně očekávat. Stupeň možnosti, s jakým bude třeba vynaložit na danou činnost určité náklady, bude shodný se stupněm možnosti, jaký charakterizuje dobu trvání činnosti odpovídající dané výši nákladů.

Fuzzy způsob popisu projektu umožňuje vedoucímu projektového týmu zaměřit se na cesty, které mají vyšší míru možnosti, že se stanou kritickými, a budou tak rozhodující pro dobu trvání celého projektu. Současně je důležité sledovat i souvisejících náklady a zaměřit se především na činnosti, kde je závislost nákladů na době trvání nejvýraznější. Tam může dojít k největším finančním úsporám nebo ztrátám. Výše odvozený vztah k tomu poskytuje další důležitou informaci a to, s jakým stupněm možnosti lze očekávat, že náklady spojené s realizací činnosti dosáhnou konkrétních možných hodnot.

Náklady na celý projekt jsou součtem nákladů na všechny činnosti. Jsou-li náklady spojené s realizací činností fuzzy veličinami, budou i celkové náklady projektu fuzzy veličinou, kterou určíme jako fuzzy součet nákladů na jednotlivé činnosti

$$C = c_0 \oplus c_1 \oplus \dots \oplus c_N, \quad (6.2.9)$$

a její funkce příslušnosti bude dána vztahem

$$\mu_C(z) = \sup [\min (\mu_{t_1}(t_1), \mu_{t_2}(t_2), \dots, \mu_{t_N}(t_N)) : z = c_1(t_1) + c_2(t_2) + \dots + c_N(t_N)]$$

pro všechna $z \in \mathcal{Z}$. (6.2.10)

Funkce příslušnosti μ_C nám udává, s jakým stupněm možnosti budou náklady na projekt mít hodnotu z .

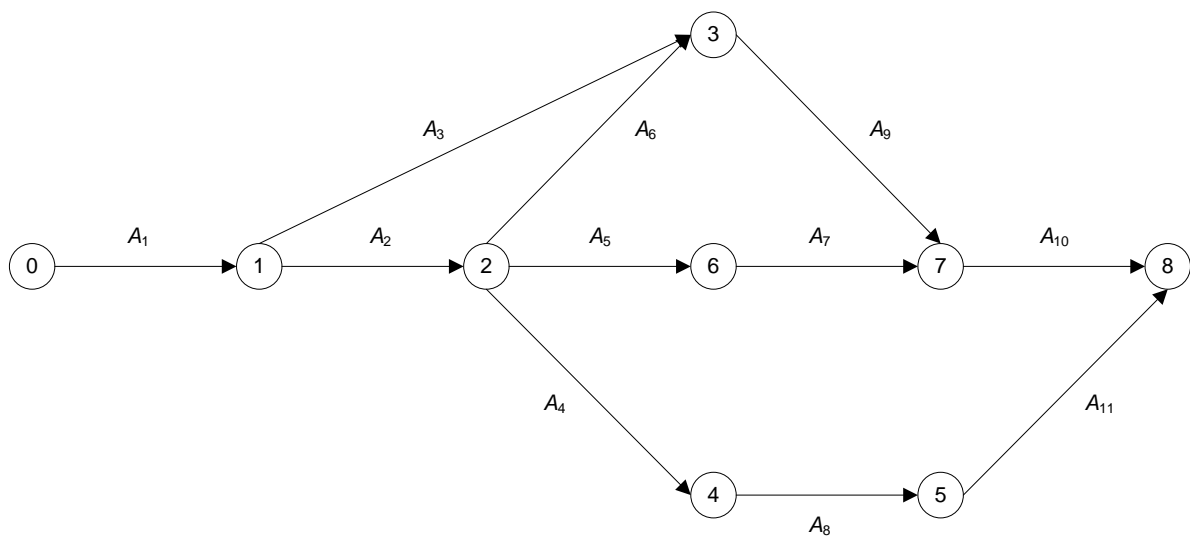
Celkové náklady projektu jsou důležitou charakteristikou projektu a informace o tom, jakých hodnot mohou pro daný projekt dosahovat a s jakým stupněm možnosti lze jednotlivé hodnoty nákladů očekávat, je při plánování projektů velmi důležitá. Ukazuje se, že výpočty, které poskytnou tuto informaci, jsou díky vztahům, které jsme odvodili, relativně jednoduché a potřebujeme pro ně pouze odhadnout možné doby trvání činností, stupeň možnosti, s jakým budou činnosti dané doby trvat a funkci nákladů jednotlivých činností.

6.2.3. Příklad A

Pro ilustraci, jak lze použít výše uvedené vztahy při řešení konkrétních projektů, uvedeme v následující části příklad projektu (Projekt A), u kterého budeme zvažovat tři varianty řešení. Jedná se o velmi jednoduchý, modelový příklad zvolený tak, aby bylo možné sledovat postup výpočtů a současně byl zřejmý přínos metody pro vyhodnocení variantního řešení na základě posouzení možné doby trvání projektu a jeho možných nákladů.

Varianta řešení V_1

Na obrázku Obr. 1 je graficky znázorněn průběh první varianty řešení modelového projektu A. Očíslované uzly grafu představují stavy v projektu, orientované hrany označené písmeny A_i , $i = 1, 2, \dots, 11$, znázorňují jednotlivé činnosti projektu. Z grafu je zřejmý počátek projektu (stav 0) a konec projektu (stav 8) i návaznosti jednotlivých činností na sebe (např. činnost A_9 může začít, až když jsou dokončeny činnosti A_3 a A_6).



Obr. 1 Projekt A, průběh projektu ve variantě V_1 a V_2

V tabulce Tab. 1 jsou ke každé činnosti A_i , $i = 1, 2, \dots, 11$ uvedeny hodnoty funkce příslušnosti pro doby trvání činnosti $\mu_i(t_i)$, které přicházejí pro danou činnost v úvahu, a funkce nákladů c_i , která závisí na době trvání t_i činnosti. Doby trvání činností jsou uvedeny v libovolných, ale stejných jednotkách času, číselné konstanty ve funkci nákladů se vztahují k libovolným, ale stejným jednotkám měny.

Z tabulky Tab. 1 je patrné, že při plánování projektu se očekává, že doby trvání jednotlivých činností se mohou oproti době s nejvyšším stupněm možnosti spíše prodloužit než zkrátit. Toto prodloužení nemusí být vždy jen o jednu časovou jednotku, činnost A_{11} je příkladem činnosti, u níž z technologického postupu nebo jiných omezení plyne, že prodloužení pouze o jednu časovou není možné, a nastane-li prodloužení její doby trvání, bude to prodloužení o dvě časové jednotky. Funkce nákladů jsou obecně funkcí doby trvání činnosti. V uvedeném modelu na době trvání závisí vždy lineárně. Není to však podmínkou modelu, náklady by mohly být i složitější funkcí času, nebo naopak být na době trvání nezávislé. Pro některé činnosti (např. A_1) se uvažují navíc jednorázové náklady, které mohou souviset například se zahájením činnosti, pro některé činnosti (A_9 , A_{10}) je uvažováno další navýšení nákladů při překročení jisté mezní doby trvání činnosti.

činnost	funkce příslušnosti						funkce nákladů
A_1	$\mu_1(2)=0,2$	$\mu_1(3)=1$	$\mu_1(4)=0,5$	$\mu_1(5)=0,2$		$\mu_1(t_1)=0$ jinde	$c_1(t_1)= 1000 + 800 \cdot t_1$
A_2	$\mu_2(3)=0,1$	$\mu_2(4)=1$	$\mu_2(5)=0,3$			$\mu_2(t_2)=0$ jinde	$c_2(t_2)= 1000 \cdot t_2$
A_3		$\mu_3(7)=1$	$\mu_3(8)=0,5$	$\mu_3(9)=0,2$		$\mu_3(t_3)=0$ jinde	pro $t_3 \leq 7$: $c_3(t_3)= 1000 \cdot t_3$ pro $t_3 > 7$: $c_3(t_3)= 1000 \cdot t_3 + 500 \cdot (t_3 - 7)$
A_4	$\mu_4(6)=0,1$	$\mu_4(7)=1$	$\mu_4(8)=0,3$	$\mu_4(9)=0,1$		$\mu_4(t_4)=0$ jinde	$c_4(t_4)= 800 \cdot t_4$
A_5		$\mu_5(2)=1$	$\mu_5(3)=0,2$			$\mu_5(t_5)=0$ jinde	$c_5(t_5)= 700 \cdot t_5$
A_6	$\mu_6(5)=0,3$	$\mu_6(6)=1$	$\mu_6(7)=0,4$	$\mu_6(8)=0,1$		$\mu_6(t_6)=0$ jinde	$c_6(t_6)= 500 + 700 \cdot t_6$
A_7	$\mu_7(4)=0,2$	$\mu_7(5)=1$	$\mu_7(6)=0,8$	$\mu_7(7)=0,3$		$\mu_7(t_7)=0$ jinde	$c_7(t_7)= 1000 \cdot t_7$
A_8	$\mu_8(2)=0,3$	$\mu_8(3)=1$	$\mu_8(4)=0,8$	$\mu_8(5)=0,6$	$\mu_8(6)=0,1$	$\mu_8(t_8)=0$ jinde	$c_8(t_8)= 800 \cdot t_8$
A_9		$\mu_9(5)=1$	$\mu_9(6)=0,5$	$\mu_9(7)=0,4$	$\mu_9(8)=0,2$	$\mu_9(t_9)=0$ jinde	pro $t_9 \leq 6$: $c_9(t_9)= 1000 \cdot t_9$ pro $t_9 > 6$: $c_9(t_9)= 1000 \cdot t_9 + 2000$
A_{10}	$\mu_{10}(3)=0,1$	$\mu_{10}(4)=1$	$\mu_{10}(5)=0,5$	$\mu_{10}(6)=0,1$		$\mu_{10}(t_{10})=0$ jinde	pro $t_{10} \leq 5$: $c_{10}(t_{10})= 1000 \cdot t_{10}$ pro $t_{10} > 5$: $c_{10}(t_{10})= 1000 \cdot t_{10} + 500 \cdot (t_{10} - 5)$
A_{11}		$\mu_{11}(4)=1$		$\mu_{11}(6)=0,7$		$\mu_{11}(t_{11})=0$ jinde	$c_{11}(t_{11})= 900 \cdot t_{11}$

Tab. 1 Projekt A, varianta V_1 : činnosti, funkce příslušnosti jejich dob trvání a funkce nákladů

Z grafu na Obr. 1 je zřejmé, že v projektu existují čtyři možné cesty

$$P_1 = \{ A_1, A_3, A_9, A_{10} \}$$

$$P_2 = \{ A_1, A_2, A_6, A_9, A_{10} \}$$

$$P_3 = \{ A_1, A_2, A_5, A_7, A_{10} \}$$

$$P_4 = \{ A_1, A_2, A_4, A_8, A_{11} \}$$

S využitím vzorce (6.2.2) určíme funkci příslušnosti pro doby trvání jednotlivých cest

	doba trvání cesty																		
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
μ_{T_1}	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{T_2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	1,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
μ_{T_3}	0,1	0,1	0,2	0,2	1,0	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{T_4}	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0

Tab. 2 Projekt A, varianta V_1 : funkce příslušnosti trvání cest

Porovnáme mezi sebou délky jednotlivých cest, tj. stanovíme, s jakým stupněm možnosti je jedna cesta delší než druhá. Dále pak podle vzorce (6.2.3) určíme pro jednotlivé cesty, s jakým stupněm možnosti se stanou kritickou cestou.

$\mu_{T_1 \geq T_2} = 0,5$	$\mu_{T_1 \geq T_3} = 1$	$\mu_{T_1 \geq T_4} = 0,5$	$\mu_C(P_1) = 0,5$
$\mu_{T_2 \geq T_1} = 1$	$\mu_{T_2 \geq T_3} = 1$	$\mu_{T_2 \geq T_4} = 1$	$\mu_C(P_2) = 1$
$\mu_{T_3 \geq T_1} = 0,8$	$\mu_{T_3 \geq T_2} = 0,3$	$\mu_{T_3 \geq T_4} = 0,5$	$\mu_C(P_3) = 0,3$
$\mu_{T_4 \geq T_1} = 1$	$\mu_{T_4 \geq T_2} = 0,8$	$\mu_{T_4 \geq T_3} = 1$	$\mu_C(P_4) = 0,8$

Tab. 3 Projekt A, varianta V_1 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

Z tabulky Tab. 3 vidíme, že nejdelší, a tedy kritickou, se jeví s nejvyšším stupněm možnosti cesta P_2 , ale že je i vysoký stupeň možnosti (0,8), že se kritickou cestou stane cesta P_4 . Je tedy nanejvýš důležité, hlídat termíny jak u činností na cestě P_2 , tak u činností na cestě P_4 . Zde je patrný přínos fuzzy přístupu k modelování průběhu projektu. Kromě kritické cesty je vidět i stupeň možnosti, s jakým se může stát kritickou jiná cesta.

Nakonec ještě s využitím vztahů (D.2), (D.3) a (D.8) určíme funkci příslušnosti pro dobu T trvání projektu

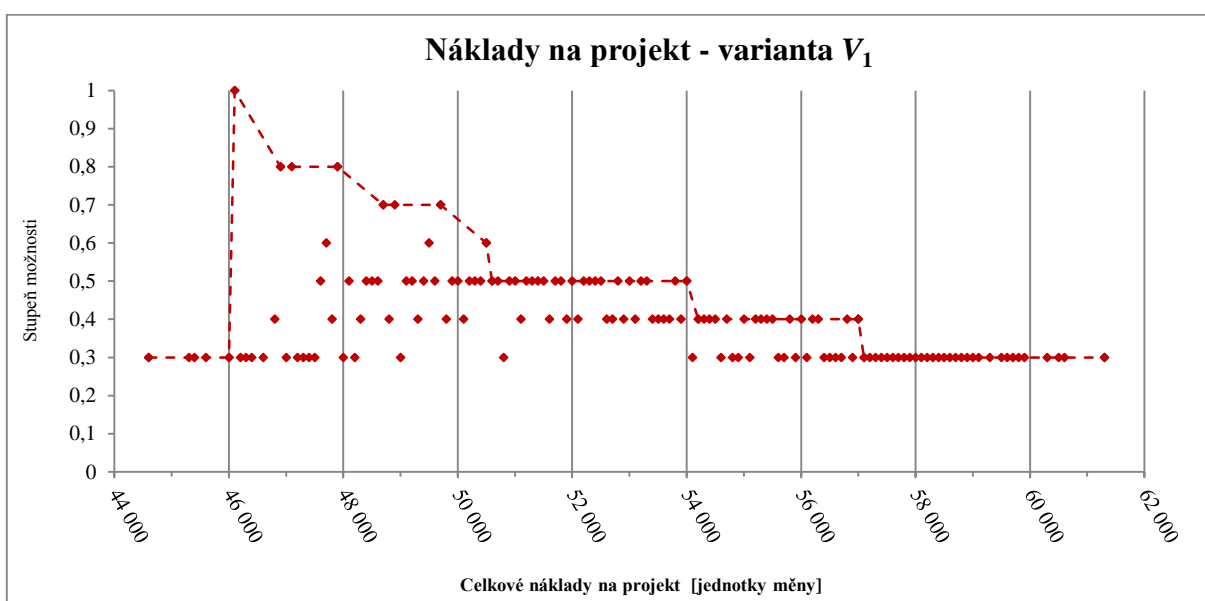
	doba trvání projektu																		
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
μ_T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	1,0	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1

Tab. 4 Projekt A, varianta V_1 : doba trvání projektu

Vidíme, že s nejvyšším stupněm možnosti bude projekt trvat 22 časových jednotek. Budeme-li brát v úvahu všechny případy, které mohou nastat se značně vysokým stupněm možnosti 0,7 a vyšším, pak je z tabulky Tab. 4 zřejmé, že projekt může být až o 2 časové jednotky delší. Se stupněm možnosti 0,5 a vyšším může projekt trvat až o 4 časové jednotky déle. Naopak zkrácení projektu má mnohem nižší stupeň možnosti než jeho prodloužení – doba trvání projektu může být o 1 časovou jednotku kratší se stupněm možnosti 0,3.

Nyní doplníme časový pohled na projekt o nákladové hledisko. Celkové náklady na projekt jako součet nákladů za všechny jednotlivé činnosti projektu jsou fuzzy veličinou, kterou popisuje vztah (6.2.9). Funkce příslušnosti celkových nákladů na projekt popisuje vztah (6.2.10). Na obrázku Obr. 2 je k jednotlivým možným hodnotám celkových nákladů na projekt přiřazen stupeň možnosti, získaný s využitím vztahu (6.2.10). Pro větší přehlednost jsou zobrazeny jenom hodnoty nákladů, které mají stupeň možnosti 0,3 nebo vyšší.

Je třeba si uvědomit, že dvě blízké hodnoty celkových nákladů mohou mít rozdílný stupeň možnosti, protože mohou být dány odlišnou kombinací délek jednotlivých činností. Čárkovaná lomená čára v grafu spojuje maximální hodnoty stupně možnosti (jsou ignorovány menší hodnoty stupně možnosti, pokud pro vyšší náklady existuje vyšší hodnota stupně možnosti). Svým způsobem tedy představuje pesimistický odhad stupně možnosti pro hodnoty celkových nákladů.



Obr. 2 Projekt A, varianta V_1 : celkové náklady na projekt

Nejvyšší stupeň možnosti má hodnota celkových nákladů 46 100 jednotek měny. Z grafu na obrázku Obr. 2 je také zřejmé, že je mnohem vyšší stupeň možnosti, že náklady budou vyšší než tato částka, než že budou nižší – vyšší stupeň možnosti než 0,3 mají hodnoty celkových nákladů od 46 100 do 57 000 jednotek měny.

Varianta řešení V_2

Průběh druhé varianty řešení modelového projektu lze graficky znázornit stejným schématem, jaké popisuje průběh první varianty – viz Obr. 1. U činnostech A_8 a A_{11} se však předpokládají jiné technologické postupy, které znamenají delší dobu trvání těchto operací, ale nižší náklady. Funkce příslušnosti a funkce nákladů pro tyto dvě činnosti jsou uvedeny v tabulce Tab. 5. Funkce příslušnosti a funkce nákladů pro ostatní činnosti jsou u varianty V_2 shodné s variantou V_1 , a jsou tedy shodné s těmi, které jsou uvedeny v tabulce Tab. 1.

činnost	funkce příslušnosti						funkce nákladů
	$\mu_8(5)=0,2$	$\mu_8(6)=1$	$\mu_8(7)=0,4$	$\mu_8(8)=0,1$		$\mu_8(t_8)=0$ jinde	
A_8	$\mu_{11}(3)=0,2$	$\mu_{11}(4)=1$	$\mu_{11}(5)=0,3$			$\mu_{11}(t_{11})=0$ jinde	$c_8(t_8)= 500 \cdot t_8$
A_{11}							$c_{11}(t_{11})= 600 \cdot t_{11}$

Tab. 5 Projekt A, varianta V_2 : činnosti odlišné od varianty V_1 , funkce příslušnosti jejich dob trvání a funkce nákladů

Cesty jsou definovány stejně jako ve variantě V_1 . Protože cest P_1 , P_2 a P_3 se změna technologie netýká, jsou funkce příslušnosti jejich dob trvání stejné jako ve variantě V_1 (viz Tab. 2). Funkce příslušnosti pro dobu trvání cesty P_4 má následující průběh

	doba trvání cesty																		
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
μ_{T_4}	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	1,0	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1

Tab. 6 Projekt A, varianta V_2 : funkce příslušnosti trvání cesty P_4

Když nyní stanovíme, s jakým stupněm možnosti je jedna cesta delší než druhá, a určíme pro jednotlivé cesty, s jakým stupněm možnosti se stanou kritickou cestou, dostáváme následující hodnoty

$\mu_{T_1 \geq T_2} = 0,5$	$\mu_{T_1 \geq T_3} = 1$	$\mu_{T_1 \geq T_4} = 0,4$	$\mu_C(P_1) = 0,4$
$\mu_{T_2 \geq T_1} = 1$	$\mu_{T_2 \geq T_3} = 1$	$\mu_{T_2 \geq T_4} = 0,5$	$\mu_C(P_2) = 0,5$
$\mu_{T_3 \geq T_1} = 0,8$	$\mu_{T_3 \geq T_2} = 0,3$	$\mu_{T_3 \geq T_4} = 0,2$	$\mu_C(P_3) = 0,2$
$\mu_{T_4 \geq T_1} = 1$	$\mu_{T_4 \geq T_2} = 1$	$\mu_{T_4 \geq T_3} = 1$	$\mu_C(P_4) = 1$

Tab. 7 Projekt A, varianta V_2 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

Je zřejmé, že ve variantě V_2 je s nejvyšším stupněm možnosti kritickou cestou cesta P_4 a u ostatních cest je stupeň možnosti, že by se mohly stát kritickou cestou, významně nižší.

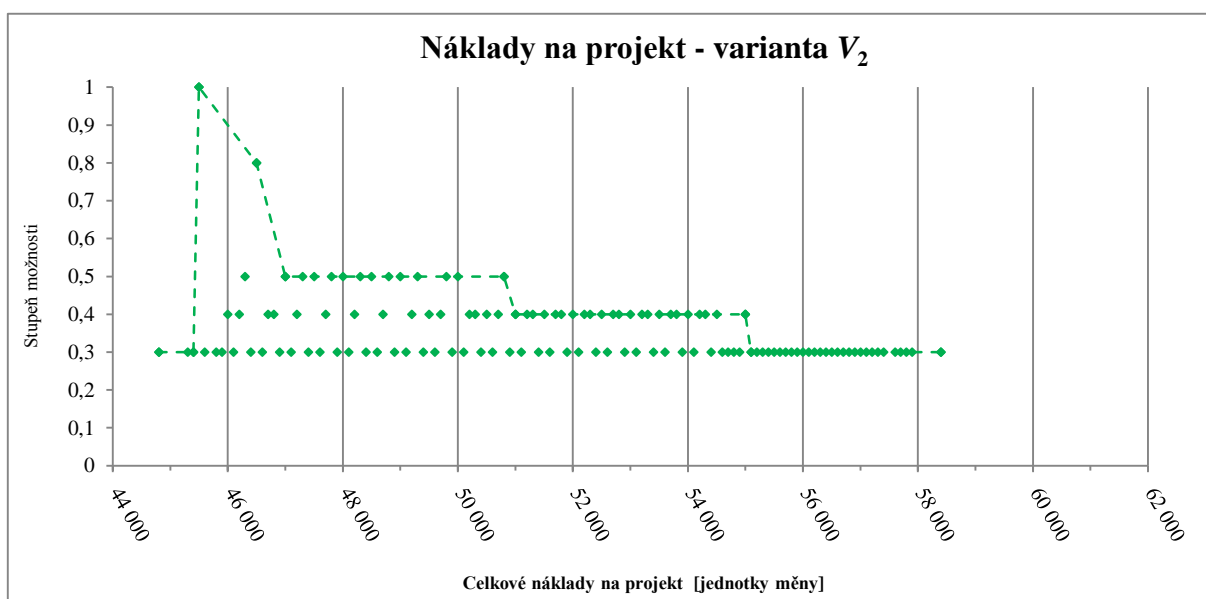
Dále určíme funkci příslušnosti pro dobu T trvání projektu

	doba trvání projektu																		
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
μ_T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	1,0	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1

Tab. 8 Projekt A, varianta V_2 : doba trvání projektu

Z tabulky Tab. 8 je patrné, že varianta V_2 znamená prodloužení doby trvání projektu. S nejvyšším stupněm možnosti bude projekt trvat 24 časových jednotek (ve variantě V_1 to bylo 22 časových jednotek). Případné prodloužení doby trvání projektu však má u varianty V_2 menší stupeň možnosti než u varianty V_1 – pouze 0,5. Ve variantě V_2 se projekt může se stupněm možnosti 0,5 prodloužit o 1 časovou jednotku a zkrácení je možné jen se stupněm možnosti 0,2 – až o 2 časové jednotky.

Stejně jako u varianty V_1 určíme předpokládané náklady varianty V_2 , opět s příslušným stupněm možnosti.

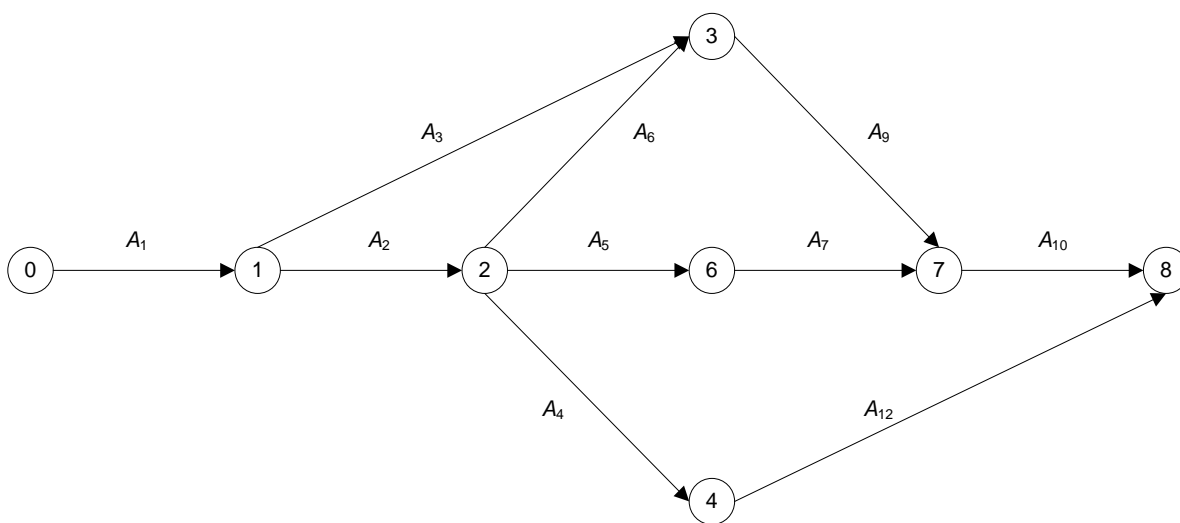


Obr. 3 Projekt A, varianta V_2 : celkové náklady na projekt

Nejvyšší stupeň možnosti má ve variantě V_2 hodnota celkových nákladů 45 500 jednotek měny. Z grafu na obrázku Obr. 3 vidíme, že opět mají mnohem vyšší stupeň možnosti náklady vyšší než tato částka než nižší – vyšší stupeň možnosti než 0,3 mají hodnoty celkových nákladů od 45 500 do 55 000 jednotek měny včetně. Celkově lze však očekávat, že bude-li zvolena varianta V_2 , budou náklady zřejmě nižší než v případě varianty V_1 .

Varianta řešení V_3

U této varianty se předpokládá, že dojde ke změně technologie do té míry, že činnosti A_8 a A_{11} budou nahrazeny jednou činností A_{12} . Struktura projektu je znázorněna na Obr. 4.



Obr. 4 Projekt A, průběh projektu ve variantě V_3

Funkce příslušnosti a funkce nákladů pro činnost A_{12} je uvedena v tabulce Tab. 9. Funkce příslušnosti a funkce nákladů pro ostatní činnosti jsou u varianty V_3 shodné s variantou V_1 , a jsou tedy shodné s těmi, které jsou uvedeny v tabulce Tab. 1 (kromě činností A_8 a A_{11} , které se ve variantě V_3 nerealizují).

činnost	funkce příslušnosti						funkce nákladů
A_{12}	$\mu_{12}(6)=0,6$	$\mu_{12}(7)=1$	$\mu_{12}(8)=0,2$			$\mu_{12}(t_{12})=0$ jinde	$c_{12}(t_{12})= 1000 \cdot t_{12}$

Tab. 9 Projekt A, varianta V_3 : činnost A_{12} (jiná než ve variantě V_1), funkce příslušnosti její doby trvání a funkce nákladů

Cesty P_1 , P_2 a P_3 jsou definovány stejně jako ve variantě V_1 . Protože cest P_1 , P_2 a P_3 se změna technologie opět netýká, jsou funkce příslušnosti jejich dob trvání stejné jako ve variantě V_1 (viz Tab. 2).

Cesta P_4 je definována takto

$$P_4 = \{ A_1, A_2, A_4, A_{12} \}$$

a funkce příslušnosti pro dobu trvání cesty P_4 má následující průběh

	doba trvání cesty																		
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
μ_{T_4}	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,6	1,0	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 10 Projekt A, varianta V_3 : funkce příslušnosti trvání cesty P_4

I zde stanovíme, s jakým stupněm možnosti je jedna cesta delší než druhá, a určíme pro jednotlivé cesty, s jakým stupněm možnosti se stanou kritickou cestou

$\mu_{T_1 \geq T_2} = 0,5$	$\mu_{T_1 \geq T_3} = 1$	$\mu_{T_1 \geq T_4} = 0,5$	$\mu_C(P_1) = 0,5$
$\mu_{T_2 \geq T_1} = 1$	$\mu_{T_2 \geq T_3} = 1$	$\mu_{T_2 \geq T_4} = 1$	$\mu_C(P_2) = 1$
$\mu_{T_3 \geq T_1} = 0,8$	$\mu_{T_3 \geq T_2} = 0,3$	$\mu_{T_3 \geq T_4} = 0,5$	$\mu_C(P_3) = 0,3$
$\mu_{T_4 \geq T_1} = 1$	$\mu_{T_4 \geq T_2} = 0,5$	$\mu_{T_4 \geq T_3} = 1$	$\mu_C(P_4) = 0,5$

Tab. 11 Projekt A, varianta V_3 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

Vidíme, že ve variantě V_3 bude kritickou cestou s nejvyšším stupněm možnosti cesta P_2 . Stupeň možnosti, s jakým se ostatní cesty mohou stát kritickými, je nejvýše 0,5. Cesta P_4 se tedy ve variantě V_3 stane kritickou s menším stupněm možnosti než ve variantě V_1 .

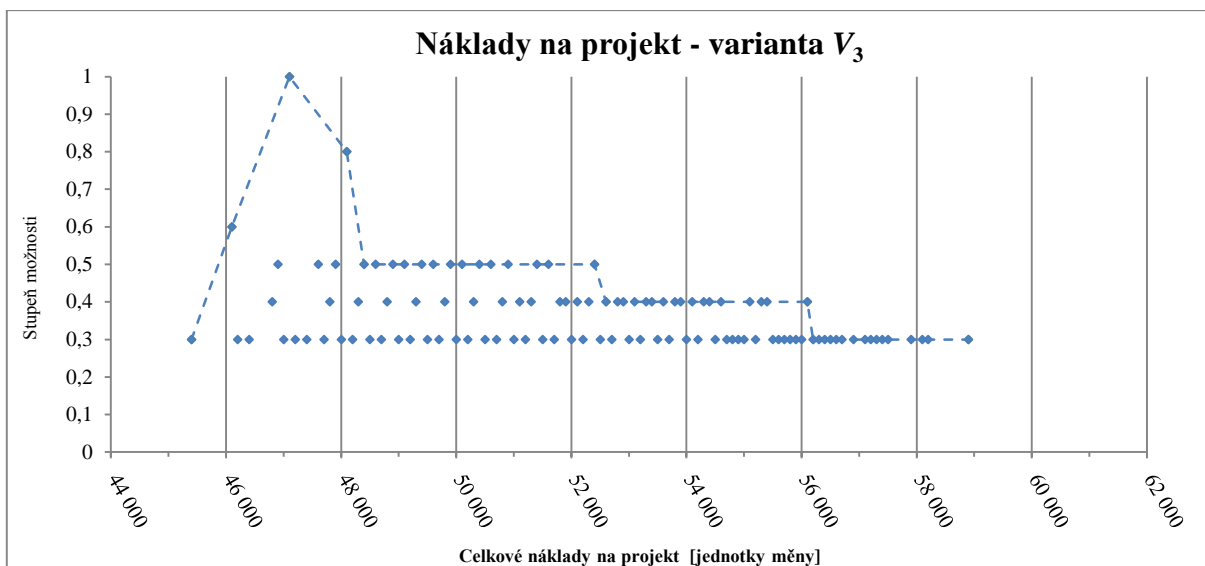
Funkce příslušnosti pro dobu T trvání projektu nabývá u varianty V_3 následujících hodnot

	doba trvání projektu																		
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
μ_T	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	1,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1

Tab. 12 Projekt A, varianta V_3 : doba trvání projektu

Z tabulky Tab. 12 vidíme, že zvolíme-li variantu V_3 , bude doba trvání projektu s nejvyšším stupněm možnosti stejná jako ve variantě V_1 , a to 22 časových jednotek. Případné prodloužení doby trvání projektu má zde podobně jako ve variantě V_2 menší stupeň možnosti než ve variantě V_1 – pouze 0,5 a menší. Možný interval hodnot s tímto nebo vyšším stupněm možnosti je širší než ve variantě V_2 , ale užší než ve variantě V_1 . Ve variantě V_3 se projekt může se stupněm možnosti 0,5 až o 3 časové jednotky prodloužit. Možnost zkrácení doby trvání projektu je stejně jako v ostatních variantách nízká – o 1 časovou jednotku se stupněm 0,3.

Předpokládané náklady varianty V_3 s příslušným stupněm možnosti znázorňuje obrázek Obr. 5. Ve variantě V_3 má nejvyšší stupeň možnosti hodnota celkových nákladů 47 100 jednotek měny. Ze všech tří variant jsou to náklady nejvyšší. Opět mají větší stupeň možnosti náklady vyšší než tato částka než náklady nižší. U varianty V_3 však existují i nižší hodnoty celkových nákladů než hodnota s nejvyšším stupněm možnosti, které mají stupeň možnosti vyšší než 0,3. Vyšší stupeň možnosti než 0,3 mají ve variantě V_3 hodnoty celkových nákladů 46 100 až 56 100 jednotek měny. Je to interval, který se téměř shoduje s intervalem stejného významu u varianty V_1 , ale hodnota celkových nákladů s nejvyšším stupněm možnosti je ve variantě V_3 vyšší než ve variantě V_1 . Bude-li zvolena varianta V_3 , existuje tedy významné riziko, že náklady projektu budou vyšší než v případě varianty V_1 .

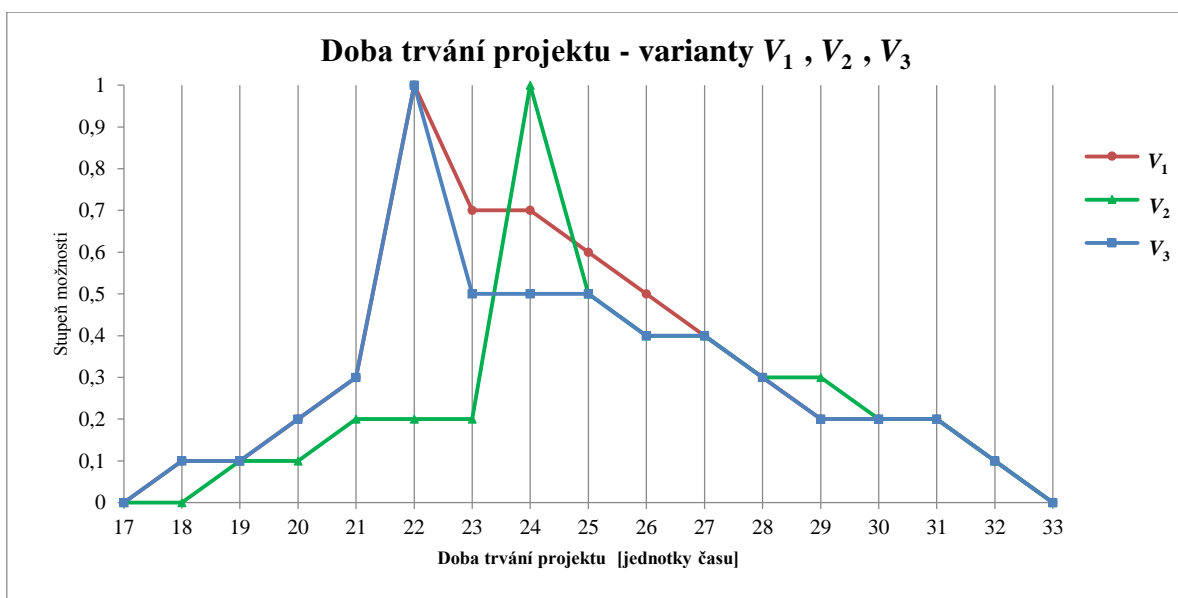


Obr. 5 Projekt A, varianta V_3 : celkové náklady na projekt

Porovnání variant V_1 , V_2 a V_3

Modelový projekt, který jsme zkoumali, byl velmi jednoduchý. Přesto názorně ukazuje přínosy fuzzy přístupu doplněného o nákladové hledisko pro rozšíření informací, které jsou při plánování projektu k dispozici.

Obrázek Obr. 6 představuje porovnání jednotlivých variant z hlediska doby trvání projektu.

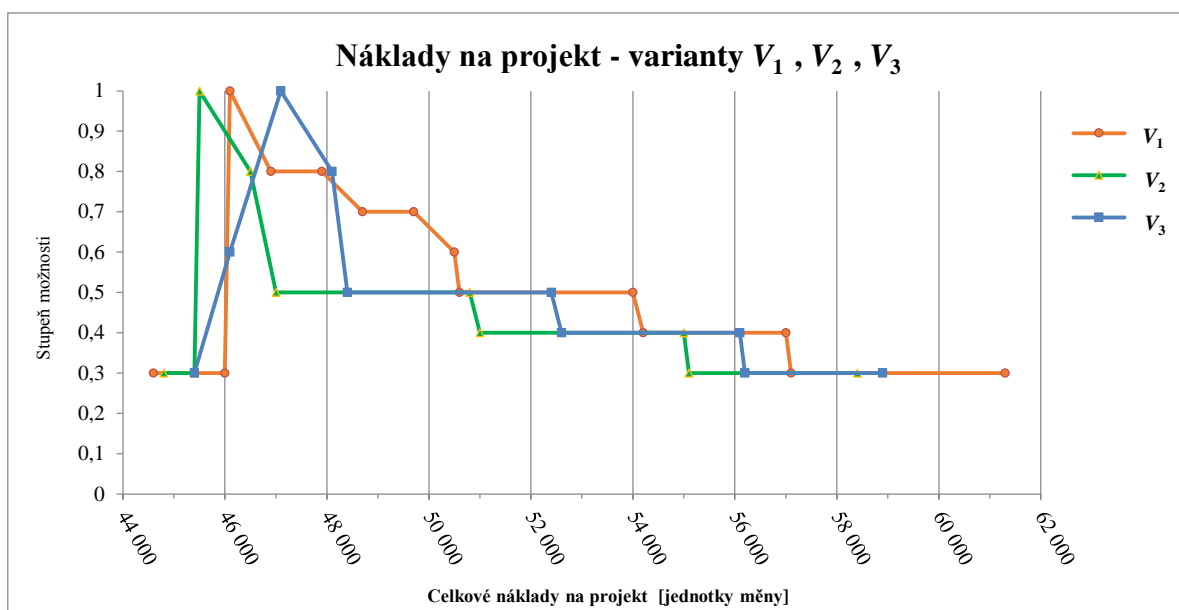


Obr. 6 Projekt A, celková doba trvání projektu – porovnání variant V_1 , V_2 , V_3

Vidíme, že doba trvání projektu při realizaci varianty V_1 a V_3 bude s nejvyšším stupněm možnosti stejná a bude o 2 časové jednotky kratší než doba trvání projektu s nejvyšším stupněm možnosti při realizaci

varianty V_2 . U varianty V_1 je o něco větší riziko než u varianty V_3 , že dojde k prodloužení celkové doby trvání projektu o 1 až 4 časové jednotky.

Na obrázku Obr. 7 jsou varianty porovnány z hlediska celkových nákladů na projekt.



Obr. 7 Projekt A, celkové náklady na projekt – porovnání variant V_1 , V_2 , V_3

Porovnáváme-li varianty podle celkových nákladů s nejvyšším stupněm možnosti, je nejlevnější varianta V_2 , varianta V_1 leží uprostřed a nejdražší je varianta V_3 . U všech variant je významné riziko, že náklady budou vyšší než hodnota s nejvyšším stupněm možnosti, zatímco snížení nákladů oproti této hodnotě má velmi malý stupeň možnosti, pouze u varianty V_3 má toto snížení o něco vyšší stupeň možnosti, a to pouze na hodnotu nákladů varianty V_1 .

Závěrem lze tedy říci, že pokud bude při volbě varianty klíčovým parametrem minimalizace nákladů a bude možné připustit o něco delší dobu trvání projektu, poskytuje nejlepší řešení varianta V_2 . Pokud bude rozhodující, aby byla doba trvání projektu co nejkratší, dávají lepší řešení varianty V_1 a V_3 a vzhledem k vyšším nákladům varianty V_3 bude zřejmě zvolena varianta V_1 . Tato varianta má ovšem vyšší stupeň možnosti, že dojde k prodloužení doby trvání projektu než varianta V_3 , a toto riziko je tedy při řízení projektu nutné zohlednit.

6.3. Plánování projektových zdrojů a rizika jejich přetížení

V předchozích kapitolách jsme se zabývali dobou trvání a náklady projektu. Třetí základní dimenzi projektového managementu představují zdroje, jejichž prostřednictvím se každý projekt realizuje. Tato kapitola je proto věnována oblasti plánování a řízení lidských a materiálních zdrojů. I když mohou být za materiální zdroj někdy považovány i peníze, v dalším textu budeme plánováním

zdrojů rozumět plánování práce lidí, popř. strojů či jiných zařízení, přiřazení těchto zdrojů jednotlivým činnostem, ze kterých se projekt skládá, a vyhodnocení efektivnosti jejich využití.

Řízení zdrojů, zejména lidských, samozřejmě zdaleka neznamená jen časové plánování, kdy bude ten který zdroj vykonávat nějakou činnost. Zásadní úlohu v oblasti projektového managementu, která souvisí se zdroji, hraje řídicí práce. Ta představuje vedení lidí a organizaci jejich práce, jejich motivaci a vytváření tvůrčího prostředí, komunikaci v rámci projektového týmu i s okolím, řešení potíží i emocionálních problémů apod., tedy úkoly kvalitativní povahy. Podpora pro tuto část řízení projektů však leží mimo oblast, která je předmětem mé disertační práce, ve které jsem se omezila na podporu pro kvantitativní stránku plánování a řízení projektu, která je nicméně také důležitá. Záleží ovšem na velikosti projektu, na jeho prioritách, omezeních a na množství zdrojů potřebných a dostupných pro jeho realizaci, jaké postupy a nástroje manažer projektu pro svou práci použije.

Protože se při reálném řízení projektů spíše než s problémem nevyužitých zdrojů potýkáme s problémem omezených kapacit zdrojů, které jsou navíc často sdíleny mezi různými projekty, zaměříme se zde zejména na sledování, zda přiřazením (alokací) zdrojů k činnostem nedojde k jejich přetížení, a na řešení s tím souvisejících problémů.

6.3.1. Plánování činností

Uvažujme stejně jako v kapitole 6.2 projekt, který se skládá z N činností, které označíme A_i , $i = 1, 2, \dots, N$, $N \in \mathcal{N}$. Časové okamžiky zahájení a ukončení činnosti A_i označme τ_i^b , resp. τ_i^e . Je-li t_i doba trvání činnosti A_i , platí mezi nimi vztah

$$\tau_i^e = \tau_i^b + t_i . \quad (6.3.1)$$

Předpokládejme mezi činnostmi obvyklý vztah, kdy následující činnost může být zahájena až v okamžiku, jsou-li dokončeny všechny činnosti, na které navazuje. Navazuje-li tedy činnost A_i na činnost A_{i-1} , $i = 2, 3, \dots, N$, platí

$$\tau_i^b \geq \tau_{i-1}^e , \quad (6.3.2)$$

resp. navazuje-li činnost A_i na p činností, $A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_p}$, $i_1, i_2, \dots, i_p, p \in \mathcal{N}$, $p < N$, platí

$$\tau_i^b \geq \max (\tau_{i_1}^e , \tau_{i_2}^e , \dots , \tau_{i_p}^e) . \quad (6.3.3)$$

Plánování dob trvání jednotlivých činností u reálných projektů však provází vždy prvek neurčitosti, neboť nikdy nelze dopředu zohlednit všechny nahodilé jevy, které mohou průběh projektu ovlivnit. Znamená to, že čas zahájení každé činnosti (snad kromě úplně první činnosti) je do jisté míry neurčitý. Neurčitost při plánování přesného času zahájení i doby trvání jednotlivých činností můžeme

postihnout, když deterministické hodnoty nahradíme fuzzy veličinami. Čas ukončení činnosti pak bude opět fuzzy veličinou a součet ve vztahu (6.3.1) bude nahrazen fuzzy součtem

$$\tau_i^e = \tau_i^b \oplus t_i . \quad (6.3.4)$$

Označme $\mu_{\tau_i^b}$ funkci příslušnosti času zahájení činnosti A_i a μ_{t_i} funkci příslušnosti doby trvání t_i této činnosti. Pro funkci příslušnosti $\mu_{\tau_i^e}$ času ukončení činnosti A_i pak podle vztahu (D.6) bude platit

$$\mu_{\tau_i^e}(z) = \sup [\min (\mu_{\tau_i^b}(x_1) , \mu_{t_i}(x_2)) : x_1, x_2 \in \mathcal{R}, x_1 + x_2 = z] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R} . \quad (6.3.5)$$

Hodnoty času zahájení či ukončení činnosti a doby trvání činnosti mohou ve vztahu (6.3.5) nabývat obecně hodnot reálných čísel. S ohledem na praktické využití však lze přijmout zjednodušující předpoklad, který jsme využili již dříve, a uvažovat, že nabývají pouze celočíselných hodnot, násobků vhodně zvolené časové jednotky. Předchozí vztah pak bude mít tvar

$$\mu_{\tau_i^e}(z) = \sup [\min (\mu_{\tau_i^b}(x_1) , \mu_{t_i}(x_2)) : x_1, x_2 \in \mathcal{Z}, x_1 + x_2 = z] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{Z} . \quad (6.3.6)$$

Vztah (6.3.6) nám udává, s jakým stupněm možnosti skončí činnost A_i v čase z .

6.3.2. Alokace zdrojů

Poněkud jiný úhel pohledu, který je však neméně důležitý pro plánování, představuje určení stupně možnosti, že nějaká konkrétní činnost bude v daném okamžiku probíhat. Výrok, že činnost v určitém časovém okamžiku probíhá, však neznamená nic jiného než to, že před tímto okamžikem činnost začala a její průběh ještě neskončil.

Stupeň možnosti, že činnost A_i začala v okamžiku z nebo před ním, udává funkce příslušnosti $\mu_{A_i^b}$

$$\mu_{A_i^b}(z) = \max (\mu_{\tau_i^b}(x) : x \in \mathcal{Z}, x \leq z) \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R}, \text{ resp. } z \in \mathcal{Z} . \quad (6.3.7)$$

Stupeň možnosti, že činnost A_i skončí později než v okamžiku z , udává funkce příslušnosti $\mu_{A_i^e}$

$$\mu_{A_i^e}(z) = \max (\mu_{\tau_i^e}(x) : x \in \mathcal{Z}, x > z) \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R}, \text{ resp. } z \in \mathcal{Z} . \quad (6.3.8)$$

V souladu se vztahem (D.3) pak stupeň možnosti, že činnost A_i v časovém okamžiku z probíhá, udává funkce příslušnosti μ_{A_i}

$$\mu_{A_i}(z) = \min (\mu_{A_i^b}(z), \mu_{A_i^e}(z)) \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R}, \text{ resp. } z \in \mathcal{Z} . \quad (6.3.9)$$

Uvažujme dále, že na projektu bude pracovat M zdrojů, které označíme S_j , kde $j = 1, 2, \dots, M$. Přiřadíme-li činnosti A_i zdroj S_j , který ji bude realizovat, bude pro funkci příslušnosti $\mu^{A_i}_{S_j}$ udávající stupeň možnosti, že zdroj S_j bude v časovém okamžiku z pracovat na činnosti A_i , $i \in \{1, 2, \dots, N\}$, platit

$$\mu^{A_i}_{S_j}(z) = \mu_{A_i}(z) \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R}, \text{ resp. } z \in \mathcal{Z}. \quad (6.3.10)$$

Bude-li činnosti A_i přiřazeno více zdrojů, které na ní budou pracovat paralelně, bude vztah (6.3.10) platit pro funkce příslušnosti všech těchto zdrojů.

Přiřazením zdroje k činnosti na určitý časový interval zde rozumíme, že zdroj je touto činností plně vytížen, že tedy nemůže z kapacitních důvodů v jednom časovém intervalu vykonávat paralelně dvě činnosti. Tento přístup představuje zjednodušení obvyklého popisu zatížení zdrojů užívaného při plánování a řízení projektu, kde se někdy připouští i částečné zatížení zdroje. Je třeba si však uvědomit, že v mnoha případech můžeme částečné zatížení zdrojů na zde použitý přístup převést zavedením kratší časové jednotky tak, aby se intervaly, ve kterých sledujeme zdroj, zkrátily a zdroj v těchto kratších časových intervalech pracoval už nejvýše na jedné činnosti. Jinou možností, i když poněkud abstraktní, by bylo nahradit zdroj několika fiktivními zdroji tak, aby každý z nich v každém okamžiku buď vykonával činnost, která ho plně vytíží, nebo nebyl na žádnou činnost alokován.

V případě, že bychom chtěli zavést částečné zatížení zdroje, bylo by možné pro každý okamžik zadat funkci příslušnosti, která by udávala stupeň možnosti pro různě velké zatížení. V každém okamžiku by se tedy vyhodnocoval nejen stupeň možnosti, s jakým bude zdroj na činnosti pracovat, ale i stupeň možnosti, s jakým bude zdroj touto činností do různé míry zatížen. Funkce příslušnosti takových fuzzy veličin by pak byly funkcí dvou proměnných, času a velikosti zatížení. V následující kapitole odvodíme vztahy pro situaci, kdy je zdroj činností, ke které je alokován, plně vytížen, a odvození vztahů pro případ částečného zatížení budeme diskutovat až následně.

6.3.3. Úplné zatížení a přetížení zdrojů

Důležitou informací pro plánování a řízení projektu je nejen údaj o tom, jaké je zatížení zdroje z hlediska jedné činnosti, ale zejména jaké je jeho celkové zatížení, tedy jaké je jeho zatížení v každé časové jednotce projektu a to s přihlédnutím ke všem plánovaným činnostem. Označme $\mu_{L_j}(z)$ funkci příslušnosti zatížení zdroje S_j , která nám udává, s jakým stupněm možnosti bude zdroj S_j v časovém okamžiku z pracovat, tj. s jakým stupněm možnosti bude zdroj S_j alokován alespoň na jedné činnosti. S využitím vztahu (D.2) můžeme tuto funkci příslušnosti popsat vztahem

$$\mu_{L_j}(z) = \max (\mu_{A_i}(z) : \text{pro všechny činnosti } A_i, \text{ na které je } S_j \text{ v okamžiku } z \text{ alokován})$$

pro všechna $z \in \mathcal{R}$, resp. $z \in \mathcal{Z}$. (6.3.11)

Kromě zatížení zdroje, je užitečné znát, s jakým stupněm možnosti bude zdroj přetížen, tedy s jakým stupněm možnosti mu bude na stejný časový interval zadána práce na více než jednu činnost. Zavedeme proto fuzzy veličinu přetížení zdroje, jejíž funkce příslušnosti bude udávat, s jakým stupněm možnosti bude zdroj zatížen určitým počtem činností najednou. Než však přistoupíme k jejímu odvození, je třeba si uvědomit, co se stane, pokud se mezi činnostmi, na které je zdroj alokován, vyskytnou činnosti, které na sebe bezprostředně navazují. V takovém případě předpokládáme, že zdroj nejprve dokončí první činnost a pak bude pokračovat s vykonáváním druhé. To je v souladu s předpokladem, který jsme přijali na začátku kapitoly 6.3.1, že navazující činnost nemůže začít dříve, než skončí činnost, která jí bezprostředně předchází. Důsledkem je, že zdroj nemůže být těmito dvěma, případně více na sebe bezprostředně navazujícími činnostmi fakticky přetížen, posune se však čas realizace, a tedy i ukončení navazující, resp. navazujících činností. Zavedeme proto pojem blok činností tak, že činnosti, které na sebe bezprostředně navazují a kterým je přiřazen stejný zdroj (popř. stejné zdroje) sloučíme do jednoho bloku. Tedy blok činností může tvořit jedna činnost, a to v případě, že činnostem, které této činnosti bezprostředně předcházejí a které na ni bezprostředně navazují, jsou přiřazeny jiné zdroje než dané činnosti, nebo bude blok činností tvořit více bezprostředně na sebe navazujících činností, kterým je přiřazen stejný zdroj (popř. všem stejné zdroje). Bloky činností označíme B_k , $k = 1, 2, \dots, K$, $K \in \mathcal{N}$, $K \leq N$. Pro funkci příslušnosti $\mu_{B_k}(z)$, která udává stupeň možnosti, s jakým probíhají v časovém okamžiku z činnosti patřící do bloku B_k , pak bude pro všechna $z \in \mathcal{R}$, resp. $z \in \mathcal{Z}$ platit

$$\mu_{B_k}(z) = \mu_{A_i}(z), \text{ pokud platí } B_k = \{ A_i \} \text{ pro některé } i \in \{1, 2, \dots, N\}, \text{ a}$$

$$\mu_{B_k}(z) = \max(\mu_{A_{i_1}}(z), \mu_{A_{i_2}}(z), \dots, \mu_{A_{i_s}}(z)), \text{ pokud platí } B_k = \{ A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_s} \}, \quad (6.3.12)$$

kde $k \in \{1, 2, \dots, K\}$, $i_1, i_2, \dots, i_s \in \{1, 2, \dots, N\}$ a $s \in \mathcal{N}$, $s \leq N$ je počet činností v bloku B_k .

Vztah (6.3.10) bude mít pro takto zavedené bloky činností tvar

$$\mu^{B_k}_{S_j}(z) = \mu_{B_k}(z) \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R}, \text{ resp. } z \in \mathcal{Z}, \quad (6.3.13)$$

kde B_k , $k \in \{1, 2, \dots, K\}$ jsou bloky činností, ke kterým je zdroj S_j , $j \in \{1, 2, \dots, M\}$, alokován.

Označme nyní $\mu^m_{O_j}(z)$ funkci příslušnosti udávající stupeň možnosti, že zdroj S_j bude v okamžiku z alokován k m blokům činností současně, kde $m \in \mathcal{N}$, $m \leq K$. S využitím vztahů (D.2) a (D.3) odvodíme, že její hodnoty můžeme určit takto

$$\begin{aligned} \mu^m_{O_j}(z) = \max [\min(\mu_{B_{i_1}}(z), \mu_{B_{i_2}}(z), \dots, \mu_{B_{i_m}}(z)) : \{ B_{i_1}, B_{i_2}, \dots, B_{i_m} \} \subset \{ B_k : \text{na které} \\ \text{je zdroj } S_j \text{ v okamžiku } z \text{ alokován} \}, i_1, i_2, \dots, i_m \in \mathcal{N} \text{ a } i_1, i_2, \dots, i_m \leq K], \\ \text{pro všechna } z \in \mathcal{R}, \text{ resp. } z \in \mathcal{Z}. \end{aligned} \quad (6.3.14)$$

Je zřejmé, že pro hodnotu $m = 1$ je vztah (6.3.14) shodný se vztahem (6.3.11) přepsaným pro bloky činností, a že tedy platí $\mu^1_{o_j}(z) = \mu_{L_j}(z)$ pro všechna $j \in \{1, 2, \dots, M\}$ a pro všechna $z \in \mathcal{R}$. Riziko přetížení zdroje větším počtem bloků činností odpovídá hodnotám $\mu^m_{o_j}(z)$ pro $m > 1$.

Funkce příslušnosti $\mu^m_{o_j}$ může sloužit jako rychlý ukazatel problémových míst v zatížení zdrojů, protože její nenulové hodnoty pro $m > 1$ označují časové intervaly, kde hrozí přetížení zdroje, a stupeň možnosti, s jakým tato situace může nastat. Obzvláště tam, kde se hodnoty $\mu^m_{o_j}$ blíží hodnotě 1 (pro $m > 1$), je nutné zvážit nahrazení zdroje jiným zdrojem, jenž není v daném časovém intervalu tolik zatížen, nebo změnu v časovém harmonogramu činností. Platí to už pro hodnotu $m = 2$, která znamená přetížení dvěma bloky činností. V případě vyššího m je samozřejmě požadavek na úpravu časového plánu projektu (změna zdroje nebo posun termínu) ještě naléhavější.

6.3.4. Částečné zatížení zdrojů

Pro úplnost nyní uvažujeme případ částečného zatížení zdroje. Označme $\mu^{A_i}_{S_j}(z, w_{ij})$ funkci příslušnosti fuzzy veličiny velikost zatížení zdroje S_j , $j \in \{1, 2, \dots, M\}$ činností A_i , $i \in \{1, 2, \dots, N\}$. Tato funkce příslušnosti udává, s jakým stupněm možnosti bude velikost zatížení zdroje S_j činností A_i nabývat v časovém okamžiku z hodnoty w_{ij} . Bude-li úplnému zatížení zdroje odpovídat hodnota $w_{ij} = 1$ a nulovému zatížení zdroje hodnota $w_{ij} = 0$, jsou hodnoty funkce příslušnosti $\mu^{A_i}_{S_j}(z, 1)$ shodné s funkcí příslušnosti $\mu^{A_i}_{S_j}(z)$ definovanou výše pro případ, kdy uvažujeme pouze možnost úplného zatížení zdroje.

Analogicky můžeme definovat funkci příslušnosti $\mu_{L_j}(z, w_j)$ zatížení zdroje S_j , která bude udávat, s jakým stupněm možnosti bude velikost zatížení zdroje S_j v časovém okamžiku z nabývat hodnoty w_j . S použitím vztahu (D.6), resp. (D.7) pak lze odvodit, že platí

$$\mu_{L_j}(z, w_j) = \sup [\min (\mu^{A_{i_1}}_{S_j}(z, w_{i_1j}), \mu^{A_{i_2}}_{S_j}(z, w_{i_2j}), \dots, \mu^{A_{i_n}}_{S_j}(z, w_{i_nj}))] :$$

$$w_{i_1j}, w_{i_2j}, \dots, w_{i_nj} \in \mathcal{R}, w_{i_1j} + w_{i_2j} + \dots + w_{i_nj} = w_j \text{ a}$$

činnosti $A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_n}$, na které je zdroj S_j v časovém okamžiku z alokován],

$$\text{pro všechna } w_j \in \mathcal{R} \text{ a } z \in \mathcal{R}, \text{ resp. } z \in \mathcal{Z} . \quad (6.3.15)$$

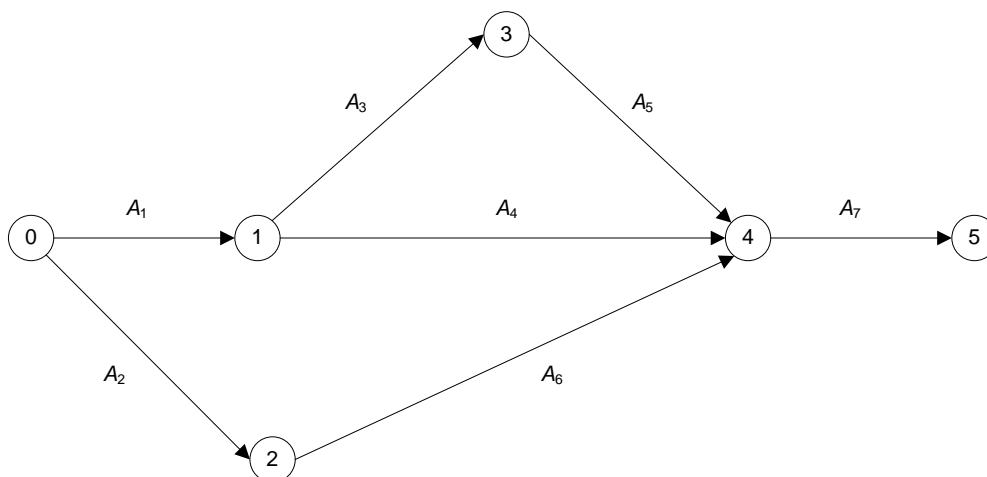
Uvědomíme-li si, že přetížení zdroje nastane v případě, že $w_j > 1$, poskytuje vztah (6.3.15) současně i informaci o riziku případného přetížení zdroje S_j v časovém okamžiku z . Bylo by samozřejmě možné odvodit i zde vztahy pro funkci příslušnosti přetížení zdroje m činnostmi (resp. bloky činností), ale uvažujeme-li částečné zatížení zdroje, nemá tato informace o možném přetížení

zdroje m činnostmi takový význam jako v případě, kdy možnost částečného zatížení zdroje neuvažujeme. V případě, kdy připouštíme částečné zatížení zdroje, jsou informace o možném vytížení i přetížení popsány jediným vztahem a to funkcí příslušnosti, kterou určíme podle (6.3.15), kde hodnota w_j udává velikost přetížení zdroje S_j .

6.3.5. Příklad B

Abychom ilustrovali použití výše odvozených vztahů, uvedeme v následující části příklad velmi jednoduchého projektu (Projekt B), u kterého budeme uvažovat sedm činností a tři zdroje s tím, že budeme uvažovat pouze úplné zatížení zdroje. Tento jednoduchý modelový příklad byl zvolen tak, aby bylo možné snadno sledovat postup výpočtů a současně byly zřejmé přínosy navržené metody.

Na obrázku Obr. 8 je graficky znázorněn průběh řešení tohoto modelového projektu B. Očíslované uzly grafu představují stavy, orientované hrany označené písmeny A_i , $i = 1, 2, \dots, 7$, znázorňují jednotlivé činnosti projektu. Z grafu je zřejmý počátek projektu (stav 0) a konec projektu (stav 5) i návaznosti jednotlivých činností na sebe (např. činnost A_7 může začít až po dokončení činností A_4 , A_5 a A_6).



Obr. 8 Projekt B, průběh projektu

V tabulce Tab. 13 jsou pro každou činnost A_i , $i = 1, 2, \dots, 7$ uvedeny hodnoty funkce příslušnosti doby trvání činnosti a zdroj, který byl k uvedené činnosti přiřazen. Doby trvání činností jsou uvedeny v libovolných, ale stejných jednotkách času.

Z tabulky Tab. 13 je vidět, že přístup k plánování projektu je podobně jako u modelového projektu A spíše pesimistický, neboť se očekává, že doby trvání jednotlivých činností se mohou oproti době s nejvyšším stupněm možnosti spíše prodloužit než zkrátit. Činnost A_2 je příkladem činnosti, u které z technologického postupu vyplývá, že prodloužení pouze o jednu časovou jednotku není možné, a v případě, že by nastalo její prodloužení, bude to prodloužení o dvě časové jednotky. Každé činnosti

byl přiřazen jeden zdroj uvedený v posledním sloupci. Celkem by se na projektu měly podílet tři zdroje, které jsme označili S_1 , S_2 , S_3 .

činnost	funkce příslušnosti						přiřazený zdroj
	$\mu_1(1)=0,1$	$\mu_1(2)=1$	$\mu_1(3)=0,6$	$\mu_1(4)=0,2$		$\mu_1(t_1)=0$ jinde	
A_1							S_3
A_2		$\mu_2(3)=1$		$\mu_2(5)=0,5$		$\mu_2(t_2)=0$ jinde	S_1
A_3	$\mu_3(3)=0,2$	$\mu_3(4)=1$	$\mu_3(5)=0,6$	$\mu_3(6)=0,4$	$\mu_3(7)=0,1$	$\mu_3(t_3)=0$ jinde	S_3
A_4	$\mu_4(5)=0,1$	$\mu_4(6)=1$	$\mu_4(7)=0,1$			$\mu_4(t_4)=0$ jinde	S_2
A_5		$\mu_5(4)=1$	$\mu_5(5)=0,5$	$\mu_5(6)=0,2$		$\mu_5(t_5)=0$ jinde	S_1
A_6	$\mu_6(5)=0,3$	$\mu_6(6)=1$	$\mu_6(7)=0,9$	$\mu_6(8)=0,7$	$\mu_6(9)=0,2$	$\mu_6(t_6)=0$ jinde	S_3
A_7	$\mu_7(1)=0,2$	$\mu_7(2)=1$	$\mu_7(3)=0,8$	$\mu_7(4)=0,3$		$\mu_7(t_7)=0$ jinde	S_2

Tab. 13 Projekt B, činnosti, funkce příslušnosti jejich dob trvání a alokované zdroje

Nejprve určíme hodnoty funkce příslušnosti pro časy zahájení a ukončení jednotlivých činností. Při výpočtech jsme využili vztahy (D.2), (D.3), (D.6) a (6.3.5). Vyšli jsme z předpokladu, že činnost A_1 začne s určitostí v časovém okamžiku 0 a že činnosti na sebe bezprostředně navazují všude tam, kde je to možné, tj. kde není nutné čekat na dokončení jiné činnosti. Tato situace nastala v případě činnosti A_7 , která může začít teprve, až skončí všechny tři činnosti A_4 , A_5 , A_6 – jak je patrné ze struktury projektu na Obr. 8. Zde jsme využili předpoklad (6.3.3), a protože mezi činnostmi neuvažujeme žádné technologicky vynucené přestávky, platí ve vztazích (6.3.2), resp. (6.3.3) pro všechny na sebe bezprostředně navazující činnosti znaménko rovnosti.

Výsledky výpočtů jsou uvedeny v tabulce Tab. 14 (hodnoty 0,0, které by měly být v prázdných buňkách, pro přehlednost nevypisujeme)

činnost	čas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		τ_1^b	1																				
τ_1^e		0,1	1	0,6	0,2																		
τ_2^b	1																						
τ_2^e				1		0,5																	
τ_3^b		0,1	1	0,6	0,2																		
τ_3^e					0,1	0,2	1	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1											
τ_4^b		0,1	1	0,6	0,2																		
τ_4^e							0,1	0,1	1	0,6	0,2	0,1											
τ_5^b					0,1	0,2	1	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1											
τ_5^e									0,1	0,2	1	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1					
τ_6^b				1		0,5																	
τ_6^e									0,3	1	0,9	0,7	0,5	0,5	0,2								
τ_7^b									0,1	0,2	1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1					
τ_7^e										0,1	0,2	0,2	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1

Tab. 14 Projekt B, hodnoty funkce příslušnosti pro časy zahájení a ukončení činností

Protože činnost A_7 je poslední činností projektu, představuje její ukončení i ukončení celého projektu. Stupeň možnosti dokončení činnosti A_7 je tedy shodný se stupněm možnosti dokončení projektu a je pro jednotlivé časové jednotky uveden v posledním řádku tabulky Tab. 14. Modelový projekt B bude trvat 9 až 21 časovou jednotku s tím, že s nejvyšším stupněm možnosti bude projekt ukončen za 12 časových jednotek.

Tato neurčitá odpověď na otázku, za jak dlouho bude projekt realizován, může vypadat jako málo uspokojivá. Koresponduje však s realitou lépe než deterministický přístup k plánování projektu. Tak jako u každé činnosti připouštíme, že může být dokončena za různou dobu, vždy s jistým stupněm možnosti, jsou i možné časy dokončení celého projektu doplněny informací o stupni možnosti, s jakým může být projekt v daném čase dokončen.

Nyní určíme pro každou činnost, s jakým stupněm možnosti bude v konkrétním časovém úseku (intervalu) probíhat. Jak už bylo dříve řečeno, tato informace představuje trochu jiný úhel pohledu, než s jakým jsme činnosti sledovali v kapitole 6.2, a je důležitá zejména pro plánování práce zdrojů, tedy pracovníků, popř. zařízení nebo strojů.

Při výpočtech vycházíme ze vztahů (6.3.7), (6.3.8) a (6.3.9) a hodnoty funkce příslušnosti v tomto případě přiřazujeme časovému intervalu mezi jednotlivými časovými okamžiky uvedenými výše v tabulce Tab. 14. Výsledky výpočtů jsou uvedeny v následující tabulce

funkce příslušnosti trvání činnosti	čas																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
μ_{A_1}	1,0	1,0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_2}	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_3}	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_4}	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_5}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_6}	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_7}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0

Tab. 15 Projekt B, funkce příslušnosti, charakterizující možnost, že činnosti budou v příslušných časových úsecích probíhat

Údaje v tabulce Tab. 15 korespondují se zadáním funkcí příslušnosti pro doby trvání jednotlivých činností v tabulce Tab. 13. Po dobu, která je uvedena u každé činnosti jako doba trvání s nejvyšším stupněm možnosti, jsou v tabulce Tab. 15 hodnoty 1,0. V tabulce Tab. 15 je také znovu potvrzeno, že veškeré práce by měly být skončeny nejpozději za 21 časovou jednotku.

Zaměříme se nyní na zatížení zdrojů v průběhu projektu. Pro přehlednost jsou na základě vztahu (6.3.10) v následujících třech tabulkách pro jednotlivé zdroje nejprve vždy zrekapitulovány hodnoty funkce příslušnosti, s jakými je danému zdroji plánována v každém časovém intervalu práce na konkrétní činnosti. Pak následují hodnoty funkce příslušnosti, s jakými bude konkrétní zdroj pracovat v každém časovém intervalu na jednotlivých blocích činností. Tyto hodnoty funkce příslušnosti byly určeny na základě vztahu (6.3.13). Na dalším řádku každé tabulky je pak uvedena funkce příslušnosti zatížení zdroje μ_{L_j} , jejíž hodnoty byly stanoveny s využitím vztahu (6.3.11). A pod ní jsou pak zobrazeny hodnoty funkce příslušnosti přetížení zdroje $\mu^m_{o_j}$ vypočítané podle vztahu (6.3.14) pro $m = 2$. Pro hodnoty $m > 2$ nemá smysl v projektu B funkci příslušnosti přetížení zdrojů $\mu^m_{o_j}$ určovat, protože žádný ze zdrojů v tomto projektu není přidělen k více než k dvěma blokům činností.

Zdroj S_1 :

funkce příslušnosti	čas																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
μ_{A_2}	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_5}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu^{B_1}_{S_1}$	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu^{B_2}_{S_1}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{L_1}	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu^2_{o_1}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 16 Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_1

Činnosti A_2 a A_5 na sebe bezprostředně nenavazují, takže se jedná o dva bloky činností, $B_1 = \{A_2\}$ a $B_2 = \{A_5\}$. Stupeň možnosti využití zdroje S_1 v průběhu projektu je dán funkcí příslušnosti μ_{L_1} . U tohoto zdroje pravděpodobně přijmeme riziko, že v intervalu $\langle 4 ; 5 \rangle$ by mohl být zdroj přetížen, protože stupeň možnosti, že k tomu dojde, má hodnotu pouze 0,1. Jinde přetížení zdroje nehrozí. Nežádoucím přetížením zdroje by tedy bylo možné se vyhnout zvýšenou pozorností či přijetím příslušných opatření, aby činnost A_2 trvala jen 3 časové jednotky, nebo případným posunutím začátku činnosti A_5 o jednu časovou jednotku dále. Zde je patrný přínos metody založené na fuzzy přístupu. Při deterministickém přístupu by možnost přetížení zdroje nebyla pravděpodobně vůbec zaznamenána, a nebyl by tedy žádný důvod pro zvýšenou pozornost při řízení činnosti A_2 .

Zdroj S_2 :

funkce přísluš- nosti	čas																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
μ_{A_4}	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_7}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0
$\mu_{B_3 S_2}$	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,2	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0
μ_{L_2}	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,2	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0
$\mu_{O_2}^2$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 17 Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_2

Činnosti A_4 a A_7 na sebe bezprostředně navazují, takže patří do jednoho bloku činností, který označíme B_3 , $B_3 = \{A_4, A_7\}$. Zdroj S_2 je tedy alokovan pouze na jeden blok činností, a nehrozí mu proto přetížení. Stupeň možnosti využití zdroje S_2 v průběhu projektu je dán hodnotami funkce příslušnosti μ_{L_2} . Funkce příslušnosti $\mu_{O_2}^2$ přetížení tohoto zdroje má z výše uvedených důvodů v každém časovém intervalu nulovou hodnotu.

Zdroj S_3 :

funkce přísluš- nosti	čas																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
μ_{A_1}	1,0	1,0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_3}	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_6}	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu_{B_4 S_3}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu_{B_5 S_3}$	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{L_3}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu_{O_3}^2$	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

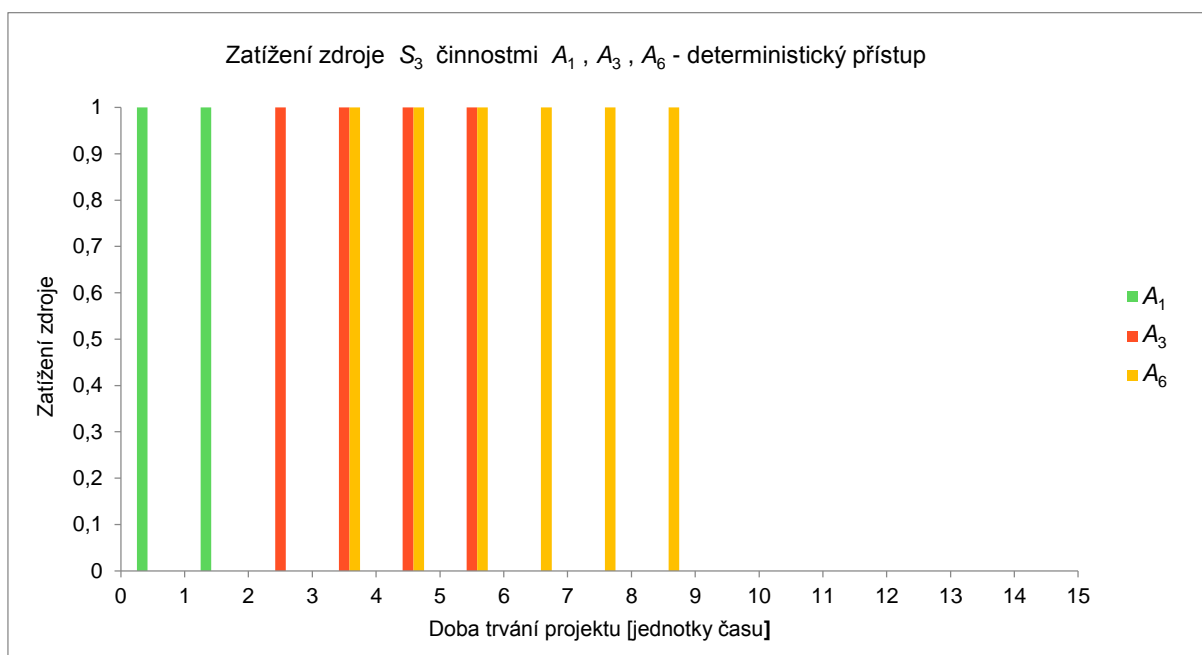
Tab. 18 Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_3

Činnosti A_1 a A_3 na sebe bezprostředně navazují, takže patří do jednoho bloku činností, který označíme B_4 , $B_4 = \{A_1, A_3\}$. Činnost A_6 tvoří další blok činností, který označíme B_5 , $B_5 = \{A_6\}$. Stupeň možnosti využití zdroje S_3 v průběhu projektu je dán hodnotami funkce příslušnosti μ_{L_3} . Stupeň možnosti přetížení zdroje dvěma bloky činností je dán hodnotami funkce příslušnosti $\mu_{O_3}^2$. Z hodnot této funkce příslušnosti je zřejmé, že situace vyžaduje řešení. Pokud by nebyl upraven harmonogram projektu nebo provedena změna v alokaci zdrojů, došlo by u tohoto zdroje k vážnému přetížení. V časovém intervalu $\langle 3 ; 6 \rangle$ má toto přetížení nejvyšší stupeň možnosti

(s hodnotou 1,0) a na tuto hrozbu přetížení zdroje by upozornil i deterministický způsob plánování. Díky použitému fuzzy přístupu jsme však mohli zjistit, že do určité míry hrozí přetížení zdroje S_3 v mnohem širším časovém intervalu $\langle 3 ; 11 \rangle$. Budeme-li za vážnou hrozbu považovat hodnoty funkce příslušnosti 0,4 a vyšší, pak přetížení zdroje S_3 vážným způsobem hrozí v časovém intervalu $\langle 3 ; 9 \rangle$.

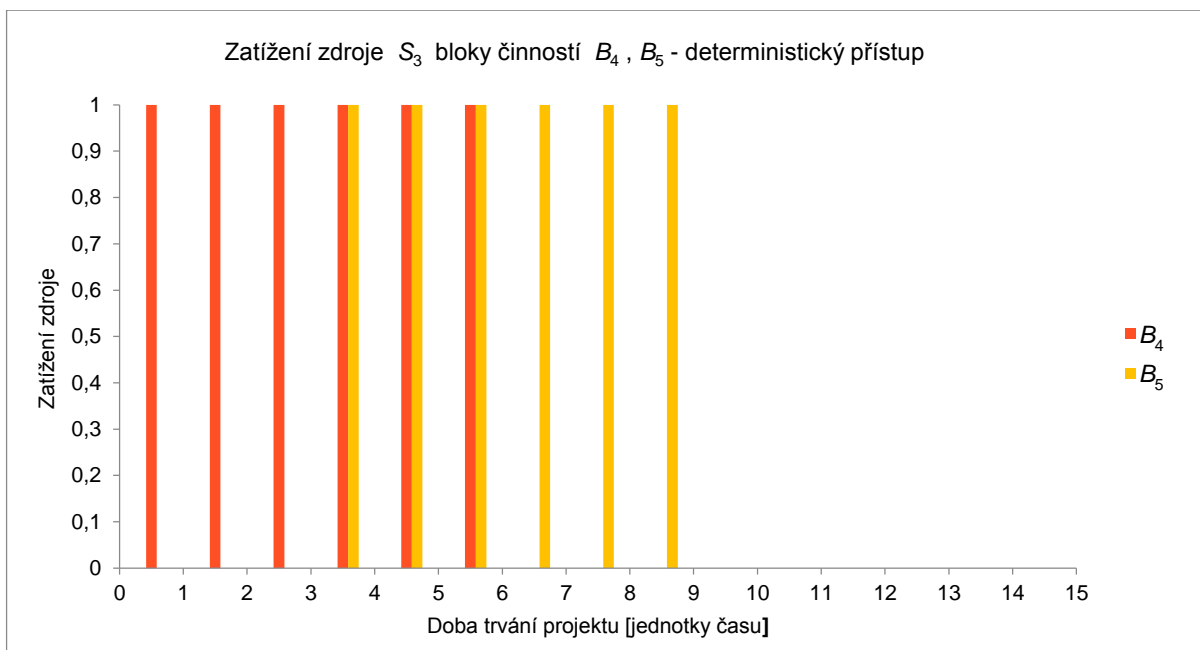
Porovnat, jaké jsou k dispozici informace o možném vytížení zdroje S_3 při použití klasického deterministického přístupu a při použití fuzzy přístupu, umožňují i následující obrázky.

Na obrázku Obr. 9 je znázorněno předpokládané vytížení zdroje S_3 činnostmi A_1, A_3, A_6 v jednotlivých časových intervalech při použití deterministického přístupu. V každém časovém intervalu je zobrazen sloupec v barvě, které odpovídá některé z činností, pokud je plánováno, že zdroj bude v tomto časovém intervalu příslušnou činností vytížen. Protože se jedná o deterministický popis, je činnost na konkrétní časový interval buď plánována (stupeň vytížení zdroje je roven hodnotě 1), nebo činnost na tento časový interval není plánována (stupeň vytížení zdroje je roven hodnotě 0). Objeví-li se v některém intervalu více sloupců, znamená to, že na stejný časový interval je pro zdroj naplánovaná práce současně na více činnostech, tedy že zdroj bude přetížen.



Obr. 9 Projekt B, zatížení zdroje S_3 činnostmi A_1, A_3, A_6 při deterministickém způsobu plánování

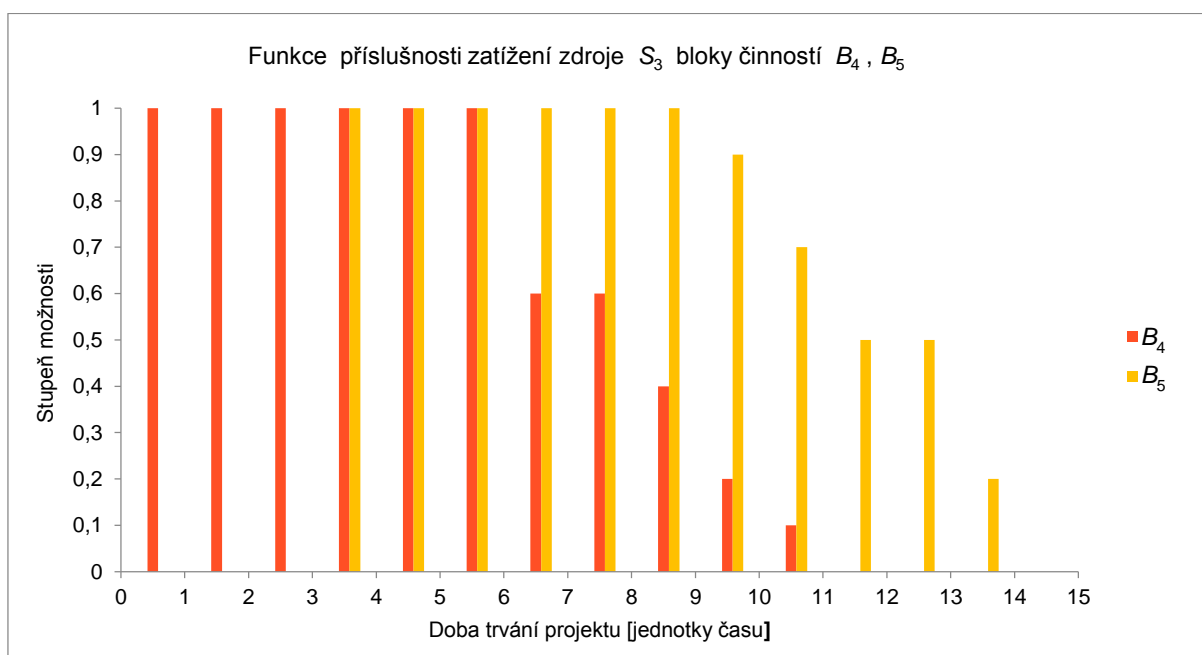
Na obrázku Obr. 10 je stejná situace znovu při použití deterministického přístupu, jen pro lepší porovnání s fuzzy přístupem, který bude diskutován dále, jsou na obrázku Obr. 10 místo činností A_1, A_3, A_6 znázorněny bloky činností $B_4 = \{A_1, A_3\}$ a $B_5 = \{A_6\}$.



Obr. 10 Projekt B, zatížení zdroje S_3 bloky činností B_4, B_5 při deterministickém způsobu plánování

Z obrázku Obr. 10 je patrné, že při použití deterministického přístupu lze očekávat, že zdroj S_3 bude přetížen v časovém intervalu $\langle 3; 6 \rangle$, a to bloky činností B_4, B_5 (konkrétně činnostmi A_3, A_6 – viz Obr. 9). Mimo tento časový interval není přetížení zdroje signalizováno. Řešením by tedy mohlo být buď použít na realizaci bloků činností B_4, B_5 (popř. jedné z činností A_3, A_6) jiný zdroj, nebo posunout začátek bloku činností B_5 (činnosti A_6). Při deterministickém přístupu by toto posunutí začátku bylo určeno na 3 časové jednotky, tedy začátek bloku B_5 , resp. činnosti A_6 by byl stanoven na čas 6.

Na obrázku Obr. 11 je zachycen tentýž případ, ovšem s využitím fuzzy přístupu k plánování.



Obr. 11 Projekt B, funkce příslušnosti zatížení zdroje S_3 bloky činností B_4, B_5

Vidíme, že fuzzy přístup k plánování projektu poskytuje o možném přetížení zdroje více informací než deterministický přístup. Stejně jako při deterministickém přístupu je signalizována hrozba přetížení v časovém intervalu $\langle 3 ; 6 \rangle$, kde je nejvyšší stupeň možnosti přetížení zdroje. Fuzzy přístup nám však navíc ukazuje poměrně vážné riziko přetížení tohoto zdroje i v dalším časovém intervalu. Názorně je to vidět na obrázku Obr. 11 a detailní informace o tom poskytuje tabulka Tab. 18. Z ní lze vyčíst, že s poměrně vysokým stupněm možnosti 0,6 dojde k prodloužení činnosti A_1 , a tím i k posunutí začátku činnosti A_3 , která na činnost A_1 bezprostředně navazuje. To se by se projevilo prodloužením prací na bloku činností B_4 . V časovém intervalu $\langle 6 ; 11 \rangle$ tedy hrozí přetížení zdroje díky déle trvající práci na bloku činností B_4 a současně požadované práci na bloku činností B_5 . Toto riziko v časovém intervalu $\langle 6 ; 11 \rangle$ postupně klesá, v souladu s tím, jak klesá funkce příslušnosti $\mu^2_{o_3}$.

Při deterministickém způsobu plánování by bylo přetížení zdroje zaznamenáno pouze na intervalu $\langle 3 ; 6 \rangle$, a pokud by jako způsob řešení bylo zvoleno přeplánování bloku činností B_5 , byl by jeho začátek posunut do času 6. Odvozená metoda založená na fuzzy přístupu však ukazuje, že takové posunutí by k vyřešení problému nemuselo stačit, protože přetížení zdroje hrozí i v dalším průběhu projektu až do času 11.

Ohodnocení rizika přetížení stupněm možnosti, lze využít i při řešení hrozby přetížení. Projektový manažer se může snažit riziko přetížení zdroje buď úplně eliminovat, nebo se může rozhodnout, že bude považovat jistou úroveň rizika za akceptovatelnou. Ve výše uvedeném případě by například mohl za únosnou míru rizika přetížení zdroje S_3 zvolit stupeň možnosti menší než 0,4. Zahájení bloku činností B_5 (neboli zahájení činností A_6) by pak posunul do časového okamžiku 9, neboť blok činností B_4 bude trvat déle než do časového okamžiku 9 jen se stupněm možnosti nižším než 0,4.

Relevantní řádky tabulky Tab. 14 pro činnosti A_6 a A_7 by pak vypadaly takto (hodnoty 0,0, které by měly být v prázdných buňkách, pro přehlednost opět nevypisujeme)

čas činnost		čas																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A_6	τ_6^b									1,0															
	τ_6^e														0,3	1,0	0,9	0,7	0,2						
A_7	τ_7^b														0,3	1,0	0,9	0,7	0,2						
	τ_7^e															0,2	0,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,3	0,2		

Tab. 19 Projekt B, hodnoty funkce příslušnosti pro nové časy zahájení a ukončení činností A_6 , A_7

Poznamenejme, že ačkoliv se zahájení činnosti A_6 posunulo o 6 časových jednotek a o stejný počet časových jednotek se posunul i nejdříve možný začátek navazující činnosti A_7 , čas, kdy bude činnost A_7 zahájena s nejvyšším stupněm možnosti, se posunul jen o pět časových jednotek a nejzazší čas dokončení činnosti A_7 se posunul jen o jednu časovou jednotku. Je to dáno tím, že po přeplánování

nebude možné zahájení činnosti A_6 a A_7 již tolik ovlivňováno potřebou čekat na případné dokončení dalších činností, které jim předcházejí.

Důsledkem přeplánování začátku činnosti A_6 bude prodloužení doby trvání projektu na 15 až 22 časové jednotky (namísto původních hodnot 9 až 21) a s nejvyšším stupněm možnosti bude projekt trvat 17 časových jednotek namísto původních 12 časových jednotek.

Po přeplánování začátku činnosti A_6 došlo ke snížení neurčitosti v celkové délce trvání projektu mimo jiné díky tomu, že v okamžiku nového začátku činnosti A_6 (čas 9) bude předchozí činnost A_2 už jistě skončena. Činnost A_6 , která na ni navazuje, bude tedy moci začít s nejvyšším stupněm možnosti a není nutno uvažovat žádnou jinou alternativu jejího začátku.

V následující tabulce je uvedeno, jaké hodnoty funkce příslušnosti pro činnosti A_6 a A_7 by po přeplánování začátku činnosti A_6 byly v odpovídajících rádcích tabulky Tab. 15

funkce příslušnosti	čas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
μ_{A_6}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_7}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,3	0,2	0,0	0,0

Tab. 20 Projekt B, funkce příslušnosti, charakterizující možnost, že po provedeném přeplánování budou činnosti A_6 , A_7 v příslušných časových úsecích probíhat

Zde je dobré si uvědomit, že posunutě zahájení činnosti A_7 , která je poslední činností projektu, nemůže zvýšit riziko přetížení zdroje S_2 , který ji bude realizovat.

Tabulka Tab. 21, ukazuje, jak by se po provedeném přeplánování změnily v tabulce Tab. 18 hodnoty týkající se vytížení zdroje S_3 v průběhu projektu

funkce příslušnosti	čas																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
μ_{A_1}	1,0	1,0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_3}	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{A_6}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu_{S_3}^{B_4}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu_{S_3}^{B_5}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
μ_{L_3}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\mu_{O_3}^2$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 21 Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_3 po přeplánování

V tomto případě jsou hodnoty funkce příslušnosti přetížení zdroje S_3 nenulové pouze v časovém intervalu $\langle 9; 11 \rangle$, kde je stupeň možnosti přetížení zdroje menší než 0,4, a tedy v souladu s akceptovatelným rizikem.

6.3.6. Úpravy projektového plánu s ohledem na zatížení zdrojů

Zjistí-li projektový manažer při přípravě projektového plánu vážné problémy s přetížením zdrojů, musí na ně reagovat příslušnou úpravou projektového plánu. Buď změní přiřazení zdrojů činnostem, doplní nové zdroje nebo provede takové změny v časovém plánu projektu, aby se riziko přetížení zdrojů snížilo na přijatelnou mez. Způsob řešení samozřejmě závisí na konkrétním případě projektu a na tom, jaké zdroje jsou k dispozici. V dalších odstavcích se budeme věnovat omezování přetížení zdrojů přeplánováním činností (tj. přesouváním začátku některých činností), které přetížení některého zdroje (nebo některých zdrojů) způsobují. Přitom budeme uvažovat úplné zatížení zdrojů činnostmi, jak bylo definováno v kapitole 6.3.2 (v případě částečného zatížení zdrojů by bylo možné provést podobné zobecnění jako v kapitole 6.3.4).

Uvažujme zdroj S_j , kde $j \in \{1, 2, \dots, M\}$, který vykonává bloky činností B_i a B_k , kde $i, k \in \{1, 2, \dots, K\}$, a tyto bloky činností jsou časově naplánovány tak, že stupeň možnosti, že dojde k přetížení zdroje S_j , je větší, než je pro daný případ přijatelné. Necht' blok B_k je blokem, jehož plánovaný začátek realizace má být přesunut na pozdější dobu. Označme τ_i^e čas ukončení bloku B_i a dále označme $\tau_k^{b(ol d)}$ původní čas zahájení bloku B_k a $\tau_k^{b(new)}$ nový čas zahájení bloku B_k po přeplánování. Časový překryv bloků činností B_i a B_k , který způsobuje riziko přetížení zdroje S_j , předpokládáme eliminovat tím, že posuneme začátek bloku B_k o časový interval Δ_k tak, aby platilo

$$\tau_k^{b(new)} = \tau_k^{b(ol d)} + \Delta_k, \quad (6.3.17)$$

a naším cílem je určit funkci příslušnosti pro délku tohoto posunutí Δ_k , které je, stejně jako časy τ_i^e , $\tau_k^{b(ol d)}$ i $\tau_k^{b(new)}$, fuzzy veličinou.

Podle vztahu (D.8) platí

$$\mu_{\tau_i^e > \tau_k^{b(ol d)}}(\tau_i^e, \tau_k^{b(ol d)}) = \sup [\min (\mu_{\tau_i^e}(x), \mu_{\tau_k^{b(ol d)}}(y)) : x, y \in \mathcal{Z}, x > y] . \quad (6.3.18)$$

Hodnoty $\mu_{\tau_i^e > \tau_k^{b(ol d)}}$ charakterizují riziko, že dojde k časovému překryvu bloků činností B_i a B_k . Je zřejmé, že čím větší je riziko časového překryvu bloku činností, tím je vhodnější, aby došlo k posunutí začátku bloku B_k . Časový překryv bloků činností B_i a B_k bude eliminován, bude-li pro délku posunutí platit $\Delta_k = \tau_i^e - \tau_k^{b(ol d)}$. Funkci příslušnosti tohoto posunutí pak popisuje vztah

$$\mu_{\Delta_k}(z) = \sup [\min (\mu_{\tau_i^e}(x), \mu_{\tau_k^{b(ol d)}}(y)) : x, y \in \mathcal{Z}, x - y = z] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{Z}. \quad (6.3.19)$$

Uvedený vztah udává pro každou hodnotu časového posunutí Δ_k , jaký je stupeň možnosti, neboli jaká je potřeba, posunout začátek bloku činností B_k o tuto hodnotu Δ_k .

Posunutí začátku bloku činností s cílem eliminovat riziko překryvu bloků činností B_i a B_k , lze v praxi realizovat tak, že se do posloupnosti činností zařadí bezprostředně před blok B_k fiktivní činnost,

kteřá má dobu trvání s funkcí příslušnosti, jež je dána vztahem (6.3.19). Tím se současně prodlouží cesta, jejíž součástí je blok činností B_k (i tato fiktivní činnost). Do doby trvání této cesty se tak promítne prodloužení způsobené tím, že zdroj nejprve dokončí činnosti bloku B_i a teprve potom může začít realizovat činnosti bloku B_k .

Vztah (6.3.19) je použitelný i v případě, že riziko přetížení zdroje bloky činností B_i a B_k , které je dáno hodnotami $\mu_{\tau_i^e > \tau_k^b(oid)}$, nenabývá nejvyšší hodnoty 1,0, tj. že pro všechny hodnoty $\tau_i^e > \tau_k^b(oid)$ je $\mu_{\Delta_k}(z) < 1$. Protože v takovém případě funkce příslušnosti popsána vztahem (6.3.19) nebude pro žádnou hodnotu posunutí $\Delta_k > 0$ nabývat nejvyšší hodnoty 1,0, je pro praktické použití vhodné doplnit vztah (6.3.19), a definovat v tomto případě limitní hodnotu $\mu_{\Delta_k}(z) = 1,0$ pro $z = 0$. Toto doplnění vyjadřuje, že s nejvyšším stupněm možnosti (s hodnotou 1,0) se začátek bloku činností B_k posouvat nebude a posunutí začátku bude mít jen nižší hodnoty stupně možnosti, které udává vztah (6.3.19).

6.4. Hodnocení variant projektového plánu

6.4.1. Varianty projektu v prostředí neurčitosti

Při plánování projektu se často dostáváme do situace, kdy je třeba zvážit několik variant řešení. Abychom mohli posoudit, která z variant je výhodnější, potřebujeme stanovit kritéria, na jejichž základě budeme jednotlivé varianty porovnávat. Příkladem kvantitativních ukazatelů, podle kterých se často variantní řešení posuzují, může být celková doba trvání, náklady na zvolenou variantu, výnosy projektu apod. Před zahájením prací nemůžeme jejich hodnoty s jistotou přesně určit, ale pro rozhodování bude jistě cenným podkladem i informace, jaké hodnoty příslušného ukazatele lze při realizaci jednotlivých variant očekávat a s jakými stupni možnosti mohou nastat.

Označme \mathcal{V} množinu všech možných (porovnávaných) variant řešení projektu

$\mathcal{V} = \{ V_1, V_2, \dots, V_M \}$, kde M je počet variant.

Označme X_s velikost ukazatele při realizaci varianty V_s , $s = 1, 2, \dots, M$. V souladu s výše provedenými úvahami o neurčitosti považujeme tuto velikost ukazatele za fuzzy veličinu a pro porovnávání použijeme zavedenou definici uspořádání fuzzy veličin (D.8).

Pro varianty V_s a V_r s velikostmi ukazatele X_s a X_r platí, že velikost ukazatele X_s je fuzzy větší než velikost ukazatele X_r , tj. $X_s \oplus X_r$ se stupněm možnosti

$$\mu_{X_s \geq X_r}(X_s, X_r)$$

a naopak se stupněm možnosti

$$\mu_{X_r \geq X_s}(X_s, X_r)$$

je velikost ukazatele X_r fuzzy větší než velikost ukazatele X_s , tj. $X_r \oplus X_s$. Důsledkem neurčitosti a fuzzy přístupu je, že nelze říci, že by velikost ukazatele byla pro nějakou variantu nejmenší, resp. největší absolutně, ale vždy pouze, že je pro danou variantu nejmenší, resp. největší jen do jisté míry. V případě, kdy ukazatelem bude celková doba trvání projektu, tak bude možno říci, že nějaká varianta bude mít dobu trvání nejkratší (kratší než jiné varianty) jen do jisté míry, s jistým stupněm možnosti.

Množina všech variant s nejnižší velikostí ukazatele pak bude představovat fuzzy množinu s funkcí příslušnosti

$$\mu_L(V_s) = \min (\mu_{X_r \geq X_s}(X_s, X_r) : V_r \in \mathcal{V}) \quad \text{pro všechny varianty } V_s \in \mathcal{V} . \quad (6.4.1)$$

Lze dokázat (Mareš, 2000), že vždy bude existovat alespoň jedna varianta V_s , pro kterou $\mu_L(V_s) = 1$, a bude-li takových variant více, budou mít společnou modální hodnotu velikosti ukazatele. Tuto variantu označíme V_L a nazveme ji variantou s fuzzy nejmenším ukazatelem X_L .

Analogicky množina všech variant s nejvyšší velikostí ukazatele je fuzzy množina s funkcí příslušnosti

$$\mu_H(V_s) = \min (\mu_{X_s \geq X_r}(X_s, X_r) : V_r \in \mathcal{V}) \quad \text{pro všechny varianty } V_s \in \mathcal{V} . \quad (6.4.2)$$

Obdobně jako v předchozím případě bude existovat alespoň jedna varianta V_s , pro kterou $\mu_H(V_s) = 1$, a bude-li takových variant více, budou mít společnou modální hodnotu velikosti ukazatele. Tuto variantu označíme V_H a nazveme ji variantou s fuzzy největším ukazatelem X_H .

Pro každou variantu můžeme také určit její odchylku velikosti ukazatele od velikosti ukazatele varianty V_L , resp. V_H . Je zřejmé, že odchylky velikosti ukazatele budou opět fuzzy veličinami.

Odchylku d_r velikosti ukazatele varianty V_r od velikosti ukazatele varianty V_L určíme takto

$$d_r = X_r \oplus (- X_L) \quad (6.4.3)$$

a má funkci příslušnosti

$$\mu_{d_r}(z) = \sup [\min (\mu_{X_r}(x), \mu_{X_L}(x-z)) : x \in \mathcal{R}] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R} . \quad (6.4.4)$$

Fuzzy odchylky mohou pro některé varianty, které nemají nejmenší velikost ukazatele, nabývat s jistým stupněm možnosti i záporných hodnot. To znamená, že i některé varianty, které jsme označili za varianty s větší velikostí ukazatele, mohou mít s jistým stupněm možnosti velikost ukazatele menší než varianta s nejmenší velikostí ukazatele. Tato neurčitost koresponduje s reálně existující neurčitostí při plánování projektu.

Zcela analogicky můžeme stanovit odchylku D_r velikosti ukazatele varianty V_r od velikosti ukazatele varianty V_H

$$D_r = X_H \oplus (- X_r) \quad (6.4.5)$$

její funkce příslušnosti je dána vztahem

$$\mu_{D_r}(z) = \sup [\min (\mu_{X_H}(x), \mu_{X_r}(x-z)) : x \in \mathcal{R}] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R} . \quad (6.4.6)$$

Znalost stupně možnosti, s jakým má jedna varianta menší, resp. větší velikost nějakého ukazatele než druhá varianta může opět posloužit při rozhodování, kterou variantu zvolit.

V praxi se však často setkáváme se situací, kdy potřebujeme porovnat varianty řešení, které nehodnotíme na základě jednoho ukazatele, ale které posuzujeme z více hledisek. S tímto problémem jsme se setkali již v případě, kdy jsme posuzovali projekt jak z hlediska doby trvání, tak z hlediska jeho nákladů. Ukazatelů, podle kterých současně hodnotíme varianty řešení projektu, však může být i více. Hodnoty těchto ukazatelů nemusí být vzájemně nezávislé a může docházet k tomu, že varianta, která by byla optimální podle jednoho ukazatele, bude při hodnocení podle jiného ukazatele zcela špatná. Řešíme

zde tedy úlohu vícekritériálního hodnocení variant, kdy se z konečného seznamu variant snažíme vybrat takovou variantu, která by nejlépe vyhovovala zadaným kritériím, jež mohou mít kvantitativní i kvalitativní charakter, mohou být maximalizační i minimalizační a mohou být i navzájem konfliktní.

Pro případ většího počtu kritérií, tedy většího množství ukazatelů by bylo možné výše uvedené vztahy zobecnit. Mohli bychom tak označit $X_s = (X_s^{(1)}, X_s^{(2)}, \dots, X_s^{(n)})$ příslušnou n -tici ukazatelů, které potřebujeme sledovat při realizaci varianty V_s , $s = 1, 2, \dots, M$. Každý ukazatel představuje fuzzy veličinu, která je charakterizována svojí funkcí příslušnosti, X_s představuje tedy vícerozměrnou fuzzy veličinu. Funkce příslušnosti této n -rozměrné fuzzy veličiny by pak byla $\mu_{X_s} = (\mu_{X_s^{(1)}}, \mu_{X_s^{(2)}}, \dots, \mu_{X_s^{(n)}})$, kde $\mu_{X_s^{(i)}}$ je funkce příslušnosti ukazatele $X_s^{(i)}$.

Pro varianty V_s a V_r s velikostmi ukazatelů daných n -ticemi X_s a X_r pak bude analogicky jako v případě jednoho ukazatele platit, že velikost ukazatelů X_s je fuzzy větší než velikost ukazatelů X_r , tj. $X_s \ominus X_r$ se stupněm možnosti

$$\mu_{X_s \ominus X_r}(X_s, X_r)$$

a naopak se stupněm možnosti

$$\mu_{X_r \ominus X_s}(X_s, X_r)$$

je velikost ukazatelů X_r fuzzy větší než velikost ukazatelů X_s , tj. $X_r \ominus X_s$. Abychom mohli výše uvedené vztahy interpretovat a dále s nimi pracovat, tj. abychom mohli v praxi porovnat varianty popsané takovými vícerozměrnými fuzzy veličinami mezi sebou, bylo by potřeba definovat mezi vícerozměrnými fuzzy veličinami operace nerovnosti, tj. „větší než“, „menší než“ a pro určení odchylky jedné varianty od druhé bychom potřebovali definovat vzdálenost dvou takových vícerozměrných fuzzy veličin. Pokud bychom navíc požadovali, aby různá kritéria mohla mít různou váhu, bylo by potřebné používaný matematický aparát rozšířit ještě dále.

Existuje řada prací, která se výše uvedené problematice vícerozměrných fuzzy veličin věnuje, např. (Mareš, 1994) nebo (Kahraman, 2008). Nicméně porovnávání vícerozměrných fuzzy veličin představuje teoreticky a následně i výpočetně složitý problém, který by mohl zvýšenou pracností vážně omezit nebo dokonce ohrozit praktickou použitelnost navrhovaného postupu. V dalších kapitolách se proto v souladu s cílem mé práce pokusím navrhnout takový způsob vícekritériálního hodnocení variant, který by byl vhodný pro posuzování variant plánování projektu, respektoval neurčitost při plánování doby trvání projektu i souvisejících nákladů při současném zohlednění plánování zdrojů, který by však nepředstavoval pro projektového manažera nadměrný nárůst práce.

6.4.2. Metody hodnocení variant

Úkolem hodnocení variant projektového plánu je poskytnout projektovému vedení podklady pro rozhodnutí, jakým způsobem projekt nebo jeho část naplánovat a řídit tak, aby projekt dosáhl co nejlepším způsobem svého cíle. Stanovení toho, co znamená „nejlepší“ způsob, tedy kritéria pro hodnocení a vzájemné porovnávání jednotlivých variant projektového plánu, mohou být v různých projektech různá. Ve většině projektů ke klíčovým ukazatelům patří doba trvání a náklady projektu. Důležitost těchto ukazatelů se však může u různých projektů značně lišit. U některých projektů mohou být požadavky, resp. omezení na dobu, do kdy musí být projekt hotov, zcela striktní. Konečný termín musí být dodržen i za cenu zvýšených nákladů. U jiného projektu může být naopak nejdůležitější najít variantu řešení, která bude znamenat minimální možné náklady bez zásadnějšího ohledu na dobu trvání projektu. Jindy může existovat nějaké vážné omezení v oblasti využití zdrojů (např. některý zdroj je k dispozici pouze v určitém časovém intervalu) a tomu se musí přizpůsobit plán alokace zdrojů a teprve pak je možné hledat mezi variantami (které tomuto omezení vyhovují) tu variantu, která má pokud možno nízké náklady a trvá co nejkratší dobu.

Z předchozích úvah vyplývá, že potřebujeme řešit úlohu jak na základě většího počtu kritérií porovnávat varianty plánu, které se od sebe mohou lišit v technologickém postupu, v oblasti alokace zdrojů (tj. v počtu nebo způsobu využití plánovaných zdrojů) i v časovém plánu činností (tj. v čase zahajování, ukončování činností i v době jejich trvání). Přitom všem je potřebné respektovat neurčitost, s jakou jsou projektové varianty naplánovány. Řešíme tedy úlohu porovnání a hodnocení variant projektu, jejichž jednotlivé činnosti jsou z hlediska doby trvání i souvisejících nákladů popsány fuzzy veličinami, a fuzzy veličinami jsou i celková doba trvání a celkové náklady každé posuzované varianty. Je třeba mít možnost zadat kritéria, podle nichž budou varianty plánu hodnoceny, a protože zvolená kritéria nemusí být stejně významná, je žádoucí, aby bylo možné přiřadit kritériím různé váhy.

Na řešení problémů váženého vícekritériálního hodnocení variant, které jsou popsány fuzzy veličinami lze aplikovat různé, často poměrně složité metody a komplikovaný matematický aparát. Použití složitých postupů u jednodušších projektů může být nejen zbytečné a vést k prodloužení a prodražení projektu, ale může mít i negativní psychologické dopady na projektový tým. Na druhé straně rozsáhlé a složité projekty zásadní důležitosti, významné projekty s veřejně hlídanými termíny nebo spojené s vysokými náklady vyžadují důkladnou přípravu a podrobný rozbor. I v takových případech je však vhodné volit metodu plánování právě tak a jen tak složitou, jak je nezbytně nutné. I když se tato zásada, která vlastně představuje parafrázi Occamovy břitvy pro oblast plánování a řízení projektů, jeví jako naprosto samozřejmá, v praxi bohužel často nebývá respektována. Jedním krajním případem je snaha aplikovat komplikované postupy neadekvátní malému rozsahu projektu, která může být motivována představou, že používání takových postupů zvýší prestiž lidí odpovědných za projekt. Druhým extrémem je případ, kdy je důležitý a rozsáhlý projekt veden nepřiměřeně jednoduše, bez

potřebné přípravy a rozboru možností, jak projekt řešit, bez metodiky, v podstatě neprofesionálně. Oba extrémy obvykle vedou ke zbytečnému prodlužování doby trvání projektu a nárůstu projektových nákladů. V druhém případě bývá navíc i vážně ohroženo splnění cílů projektu.

Při plánování projektů, zejména pak takových projektů jako jsou projekty implementace software, je nejistota a proměnlivost detailních podmínek při realizaci velká. Pro plánování a řízení takového projektu potřebujeme dostat podklady, které budou relevantním obrazem a hodnocením situace, které nicméně budou sloužit jen jako podklad pro lidské řízení a rozhodování. Protože se nejedná o automatizaci procesů a vždy se předpokládá lidská intuice a rozhodnutí manažera, není nutné volit přehnaně složité metody s ambicemi dostat co nejpřesnější výsledky, ale spíše dodržovat zásadu přiměřenosti používaných metod.

6.4.3. Kritéria hodnocení

Abychom mohli varianty posuzovat a porovnávat, musíme především stanovit hodnotící kritéria. Budou se zřejmě týkat doby trvání a nákladů, kromě toho však z požadavků na projekt mohou vyplývat i další kritéria.

Požadavky na dobu trvání a náklady projektu mohou být definovány různým způsobem. V praxi se nejčastěji setkáváme s požadavky na dobu trvání projektu typu „doba trvání projektu co nejkratší“, „doba trvání projektu kratší než ...“ nebo „projekt musí být ukončen do termínu ...“ (tento požadavek je však možné převést na předchozí). U požadavků na náklady projektu se obvykle setkáváme s formulací „náklady projektu co nejnižší“ nebo případně „náklady nižší než ...“. Tyto požadavky na dobu trvání, resp. náklady projektu, které jsou pro každou variantu popsány funkcemi příslušnosti odpovídajících fuzzy veličin, nám poskytují základní kritéria pro porovnávání variant.

Možnosti vícekriteriálního hodnocení, kdy je neurčitost posuzovaných objektů popsána prostředky fuzzy teorie, jsou předmětem intenzivního výzkumu. V literatuře lze nalézt články věnované různým „fuzzy“ verzím klasických metod vícekriteriálního hodnocení – např. fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Proces), fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) – i metodám, vycházejícím přímo z principů fuzzy teorie. Tyto metody jsou však zpravidla komplikované, a proto se v souladu s dříve provedenou diskusí pokusíme nalézt jednodušší řešení, které by respektovalo neurčitost popisovanou fuzzy veličinami a přitom neznamenalo při praktickém použití významný nárůst pracnosti.

Jednou z možností, jak dosáhnout zjednodušení, je provést defuzzifikaci zkoumaných veličin a k jejich porovnání pak použít některou ze standardních metod vícekriteriálního rozhodování. Při defuzzifikaci však do značné míry přicházíme o informace týkající se neurčitosti průběhu projektu.

Abychom se o tuto důležitou část podkladů pro rozhodování pokud možno nepřipravili, rozšířme sadu kritérií, podle nichž budeme varianty posuzovat, tím, že doplníme kritéria pro posuzování variant o kritéria týkající se této neurčitosti, tedy o kritéria charakterizující riziko, že se průběh varianty bude lišit od případu, který udává defuzzifikovaná hodnota.

Vhodnými doplňujícími kritérii pro dobu trvání projektu mohou být např.

- ❖ šířka časového intervalu, na kterém je stupeň možnosti vyšší než zvolená úroveň
(pro zvolenou úroveň charakterizuje, jakou míru neurčitosti má ostrá, defuzzifikovaná hodnota doby trvání projektu)
- ❖ šířka časového intervalu nalevo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti, na kterém je stupeň možnosti vyšší než zvolená úroveň
(pro zvolenou úroveň charakterizuje, jaká je míra neurčitosti, že projekt může skončit dříve, než udává ostrá, defuzzifikovaná hodnota doby trvání projektu)
- ❖ šířka časového intervalu napravo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti, na kterém je stupeň možnosti vyšší než zvolená úroveň
(pro zvolenou úroveň charakterizuje, jaká je míra neurčitosti, že projekt může skončit později, než udává ostrá, defuzzifikovaná hodnota doby trvání projektu)

Doplňujícími kritérii pro náklady projektu mohou být analogicky

- ❖ šířka intervalu nákladů, na kterém je stupeň možnosti vyšší než zvolená úroveň
(pro zvolenou úroveň charakterizuje, jakou míru neurčitosti má ostrá, defuzzifikovaná hodnota očekávaných nákladů projektu)
- ❖ šířka intervalu nákladů nalevo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti, na kterém je stupeň možnosti vyšší než zvolená úroveň
(pro zvolenou úroveň charakterizuje, jaká je míra neurčitosti, že náklady projekt mohou být nižší, než udává ostrá, defuzzifikovaná hodnota očekávaných nákladů projektu)
- ❖ šířka intervalu nákladů napravo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti, na kterém je stupeň možnosti vyšší než zvolená úroveň
(pro zvolenou úroveň charakterizuje, jaká je míra neurčitosti, že náklady projekt mohou být vyšší, než udává ostrá, defuzzifikovaná hodnota očekávaných nákladů projektu)

K těmto kritériím týkajícím se času a nákladů pak v konkrétním projektu mohou být doplněna kritéria další, která budou v daném projektu pro posouzení variant důležitá. V případě, že by se některé další kritérium týkalo fuzzy veličiny, provedeme podobně jako v předcházejících případech defuzzifikaci této veličiny a případně doplníme kritérium týkající se neurčitosti dané hodnoty, tj. další kritérium analogické výše navrženým doplňujícím kritériím. Pro úplnost ještě dodejme, že

nepředpokládáme vágně zadaná kritéria (tedy např. podmínky zadané nepřesným slovním popisem), která by se formálně vyjadřovala fuzzy veličinami. Při řešení některých typů rozhodovacích úloh se sice vágně zadaná kritéria objevují, v případě porovnávání možných variant plánu projektu je však neuvažujeme.

Pokud to pro konkrétní případ projektu má význam, je možné v dalším kroku přiřadit jednotlivým kritériím váhy. Váhu lze přiřadit jednotlivým kritériím pomocí některé standardní metody, jejichž popis lze nalézt např. v práci (Brožová a další, 2003). Výsledkem je sada normovaných vah charakterizujících význam jednotlivých kritérií.

Po doplnění souboru kritérií a stanovení jejich vah, můžeme přejít k volbě metody vyhodnocení. Protože nyní už pracujeme s ostrými hodnotami, můžeme použít některou z metod vícekritériálního hodnocení za jistoty. Těchto metod existuje celá řada a konečnou volbu nejvhodnější metody je potřeba provést podle toho, jak jsou pro konkrétní projekt formulována kritéria. Volba metody může být případně také ovlivněna tím, zda máme k dispozici nějaký podpůrný software, který by výpočty potřebné pro vyhodnocení variant usnadnil. Podrobný popis metod lze nalézt např. ve (Fiala a další, 1997) nebo (Brožová a další, 2003). Zde se zmíníme jen o některých z použitelných metod.

V případě, že jsou všechna kritéria formulována jako minimalizační (např. „doba trvání projektu co nejkratší“), případně maximalizační požadavky, může být vhodnou metodou metoda váženého součtu, která umožňuje zohlednit různý „užitek“ plynoucí z rozdílných hodnot jednotlivých posuzovaných veličin (doba trvání, náklady, šířka intervalu neurčitosti doby trvání, apod.), pracuje s váhami jednotlivých kritérií a přitom je poměrně jednoduchá. Bylo by samozřejmě možné použít i jiné metody – např. bodovací metodu, která ovšem vyžaduje nastavení bodovací stupnice, nebo metodu AHP (Analytic Hierarchy Proces) nebo TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), jejichž pracnost je však již vyšší.

Je-li některé z kritérií týkající se doby trvání zadáno podmínkou obsahující porovnání s kritickou mezí (např. „doba trvání projektu nesmí být delší než ...“), představuje tato mez aspirační úroveň, která může vyřadit některé varianty. Vzhledem k tomu, že doby trvání a náklady projektu byly původně fuzzy veličiny s určitým rozsahem možných hodnot (s přiřazenými stupni možnosti), může se stát, že defuzzifikovaná hodnota některé z těchto veličin aspirační úroveň příslušného kritéria sice nesplňuje, ale že tato veličina s jistým stupněm možnosti může nabýt hodnoty, která aspirační úrovni tohoto kritéria vyhovuje. V takovém případě je vhodné podle stupně možnosti této vyhovující hodnoty posoudit, zda variantu z hodnoceného výběru variant vyřadíme nebo ji v něm ponecháme. Při tomto typu zadání kritérií je třeba zvážit, zda a jak budeme zohledňovat, že některá varianta aspirační úroveň příslušného kritéria splňuje, tedy zda použijeme pro vyhodnocení skutečnost, že některá varianta splňuje kritérium s větší a některá s menší rezervou, případně, že ho splňuje jen s jistým nižším stupněm možnosti. Můžeme se totiž rozhodnout, že kritérium s aspirační úrovní využijeme pouze k vyřazení variant, které

této úrovni nevyhovují, a že ty varianty, které aspirační úroveň splňují (případně ji splňují s jistým nižším stupněm možnosti) budeme posuzovat v dalším kroku pouze podle ostatních kritérií. Pak v tomto dalším kroku pro volbu metody platí to, co jsme uvedli výše pro případ, kdy jsou všechna kritéria formulována jako minimalizační, případně maximalizační požadavky. Nebo se můžeme rozhodnout využít v dalším kroku i kritérium s aspirační úrovní a pak potřebujeme vhodným způsobem kvantifikovat úroveň splnění aspirační úrovně (tedy ne pouze splňuje/nespĺňuje, ale rozlišit různou míru splnění). Jedním z možných způsobů je určit pro každou variantu odchylku defuzzifikované hodnoty příslušné veličiny od aspirační úrovně. (Jestliže jsme nechali mezi porovnávanými variantami i ty, které splňují aspirační úroveň jen s jistým nižším stupněm možnosti, můžeme takto dostat i záporné hodnoty. V takovém případě bude vhodné nejprve všechny takto získané odchylky transformovat na kladná čísla.) Tímto způsobem převedeme úlohu hodnocení variant na případ, ve kterém jsou všechna kritéria formulována jako minimalizační, případně maximalizační požadavky a který jsme diskutovali již výše.

6.4.4. Návrh postupu

Na základě provedeného rozboru, s využitím navržených typů hodnotících kritérií a vztahů odvozených v předchozích kapitolách a s přihlédnutím k praktickým zkušenostem z oblasti řízení projektů, jsem navrhla následující postup váženého vícekritériálního hodnocení variant projektu v podmínkách neurčitosti. Snahou bylo, aby postup umožňoval zohlednit rozumné plánování zdrojů bez velkých rizik jejich přetěžování a současně posuzovat dobu trvání a náklady projektu charakterizované fuzzy veličinami a neznamenal přitom velký nárůst pracnosti při přípravě podkladů pro hodnocení variant.

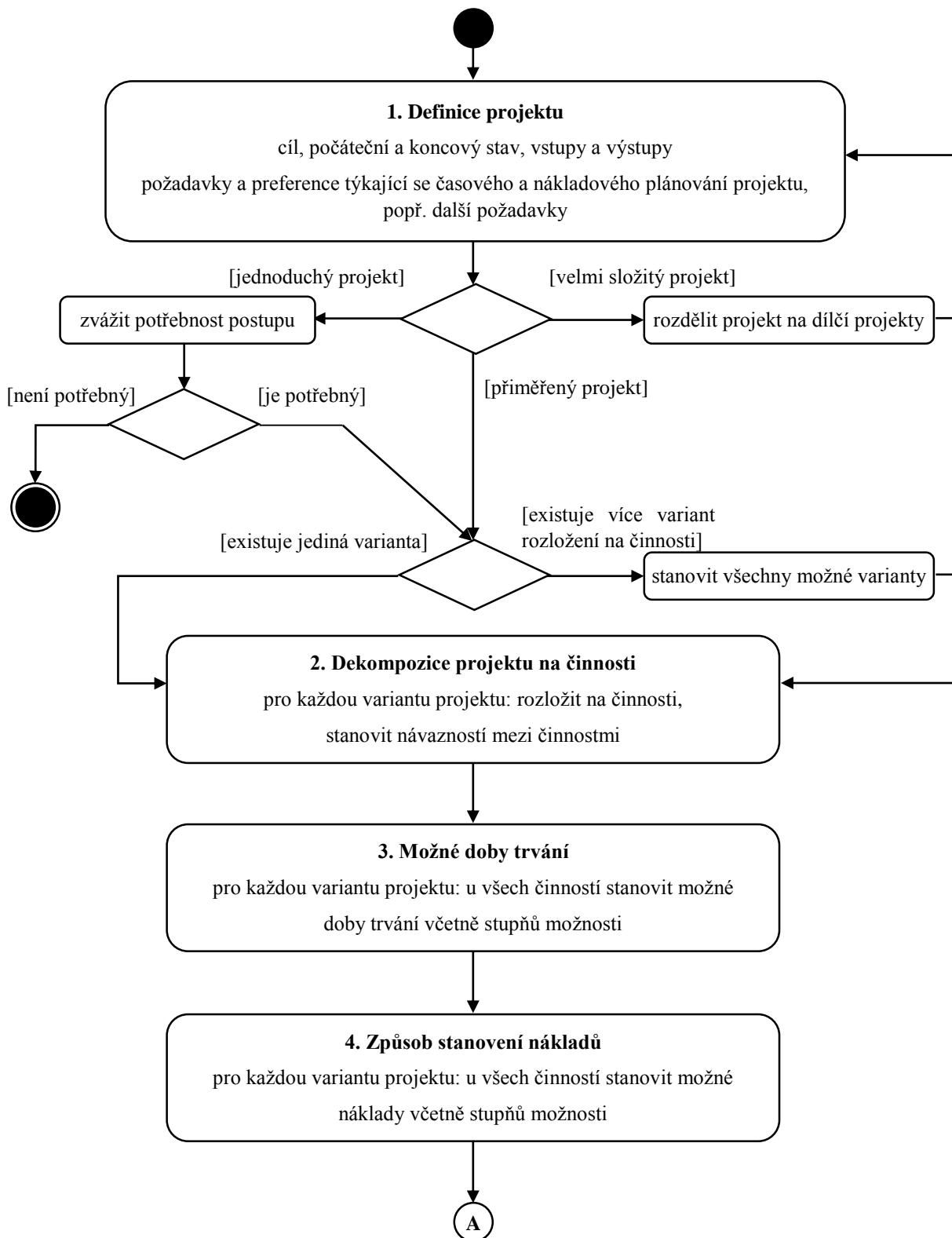
Postup je možné aplikovat na jednoduché, středně složité i komplikované projekty. U malých projektů je však vhodné, jak už bylo řečeno výše, na základě konkrétní situace zvážit, zda jsou informace, které postup může poskytnout navíc, pro projekt opravdu důležité. U velmi složitých projektů naopak bude vhodné neplánovat projekt jako jeden veliký celek popsany do nejmenšího detailu, ale provádět plánování takového velkého projektu víceúrovňově, aby bylo možné pracovat v každém kroku s přehledným plánem, u kterého bude snadné stanovit vstupy i výstupy, činnosti (resp. skupiny činností), jejich vzájemné návaznosti i zdroje, resp. skupiny zdrojů potřebné k jejich realizaci. Vždy přitom záleží na konkrétním projektu i na zkušenostech projektového manažera.

Samotný postup nalezení nejvhodnější varianty plánu projektu můžeme rozdělit na dvě části

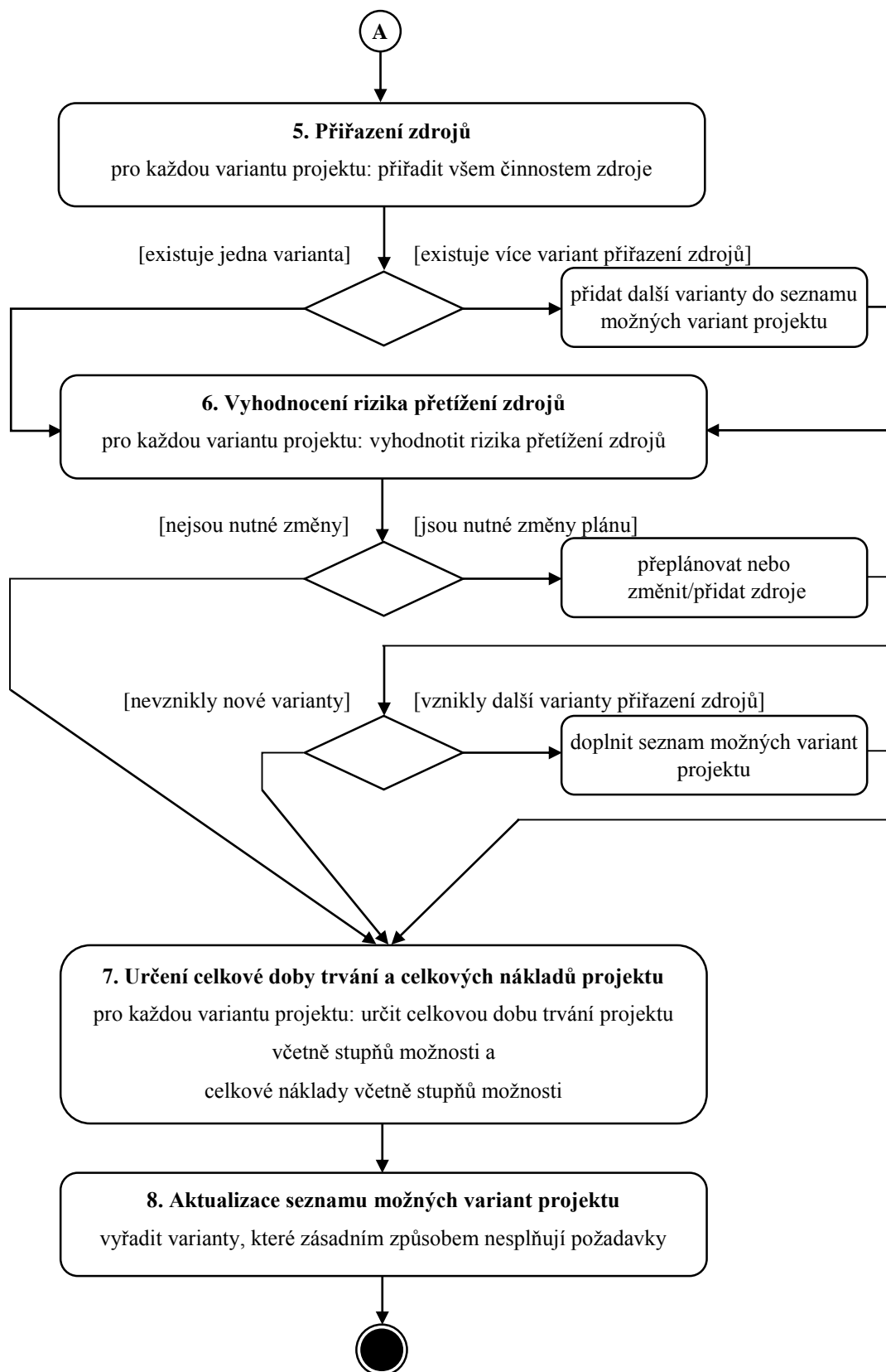
1. Příprava variant projektového plánu
2. Posouzení a vyhodnocení variant

Příprava variant projektového plánu

Abychom mohli provést požadované hodnocení variant, je třeba, abychom si tyto varianty potřebným způsobem připravili. Schematicky je postup, jak stanovíme seznam možných variant, znázorněn na následujících dvou obrázcích (Obr. 12 a Obr. 13).



Obr. 12 Příprava variant projektového plánu – 1. část



Obr. 13 Příprava variant projektového plánu – 2. část

Krok 1 – Definice projektu

Vycházíme ze zadání projektu. Předpokládáme, že tento projekt má stanovený cíl, počáteční a koncový stav, jsou známy nejdůležitější požadované termíny a vstupy i výstupy tohoto projektu. Současně předpokládáme, že jsou známy další podmínky pro následné posuzování variant, zejména tedy podmínky týkající se požadavků a preferencí v oblasti časového a nákladového plánování projektu.

Posoudíme rozsah projektu a u jednoduchého projektu zvážíme, zda jsou informace, které postup může poskytnout navíc, pro rozhodování při plánování projektu opravdu významné. U velmi složitějšího projektu provedeme rozdělení na dílčí projekty, které budeme v dalších krocích řešit zvlášť, jako samostatné projekty.

Výstupem z tohoto kroku a současně vstupem do dalšího kroku je výše uvedeným způsobem definovaný, přiměřeně velký projekt (případně dílčí projekt).

Krok 2 – Dekompozice projektu na činnosti

Uvážíme, zda existuje více možností, jak rozložit tento projekt na jednotlivé činnosti, tj. zda je možné dosáhnout projektového cíle variantním způsobem, například s využitím různých (technologických) postupů či metod nebo různé posloupnosti činností. Pro každou takovou variantu provedeme rozklad projektu na jednotlivé činnosti a definujeme návaznosti činností v této variantě projektového plánu.

Krok 3 - Možné doby trvání

Pro každou variantu projektu odhadneme u každé činnosti možné doby trvání a stupně možnosti, s jakými bude činnost dané doby trvat. V tomto kroku jsou samozřejmě důležité znalosti projektového manažera provádějícího plánování činností a jeho zkušenosti s podobnými činnostmi v předchozích projektech. Cílem tohoto kroku je připravit podklady pro to, aby bylo možné využít vztahů pro fuzzy veličiny týkající se dob trvání činností. Tyto vztahy byly obsahem kapitoly 6.2.1. Doba trvání projektu.

Krok 4 – Způsob stanovení nákladů

Pro každou variantu projektu určíme u každé činnosti způsob stanovení nákladů, tedy zpravidla funkci, která udává závislost nákladů na době trvání činnosti. Jak bylo uvedeno v kapitole 6.2.2. Náklady projektu, navrhovaný postup lze použít pro plánování libovolného druhu nákladů (fixních i variabilních, přímých i nepřímých) a funkce závislosti nákladů na době trvání činnosti může mít libovolný průběh (včetně toho, že je na době trvání činnosti nezávislá). Cílem tohoto kroku je připravit podklady pro to, aby bylo možné využít vztahů pro fuzzy veličiny popisující projektové náklady. Odvození těchto vztahů bylo předmětem kapitoly 6.2.2. Náklady projektu.

Krok 5 – Přiřazení zdrojů

Pro každou variantu projektu ke každé činnosti přiřadíme zdroj (skupinu zdrojů), který bude (které budou) danou činnost realizovat.

V případě, že existuje více možností, jak přiřadit zdroje jednotlivým činnostem, které by bylo dobré zvážit a porovnat, vzniknou nám po tomto kroku další varianty projektového plánu.

Krok 6 – Vyhodnocení rizika přetížení zdrojů

Pro každou variantu vyhodnotíme rizika přetížení zdrojů. Této problematice je věnována kapitola 6.3, kde jsou odvozeny potřebné vztahy pro fuzzy veličiny charakterizující riziko přetížení zdrojů.

V případě, že u některých zdrojů překračuje riziko přetížení akceptovatelnou hranici, provedeme změny v alokaci zdrojů. Buď přidáme nové zdroje, nebo provedeme přeplánování (časový posun) příslušných činností tak, aby rizika přetížení byla jen tak velká, jaká jsme ochotni podstoupit. K přeplánování činností můžeme využít vztahy odvozené v kapitole 6.3.6.

I po tomto kroku mohou vzniknout další varianty projektového plánu, které budeme chtít vyhodnotit.

Krok 7 - Určení celkové doby trvání a celkových nákladů projektu

Pro každou variantu projektového plánu identifikovanou předchozím postupem stanovíme s využitím vztahů uvedených v kapitole 6.2.1. možné hodnoty celkové doby trvání projektu včetně stupňů možnosti, s jakými mohou nastat, a s využitím vztahů odvozených v kapitole 6.2.2. určíme možné celkové náklady projektu, opět včetně stupňů možnosti, s jakými je bude třeba vynaložit.

Krok 8 – Aktualizace seznamu možných variant

Pokud existují nějaké základní omezující požadavky týkající se doby trvání a nákladů, tj. kategorické požadavky typu „projekt v žádném případě nesmí trvat déle než ...“, „náklady rozhodně nesmí být vyšší než ...“ apod., nebo nějaké jiné ultimativní požadavky a některá varianta jim zásadním způsobem nevyhovuje, vyřadíme tuto variantu ze seznamu.

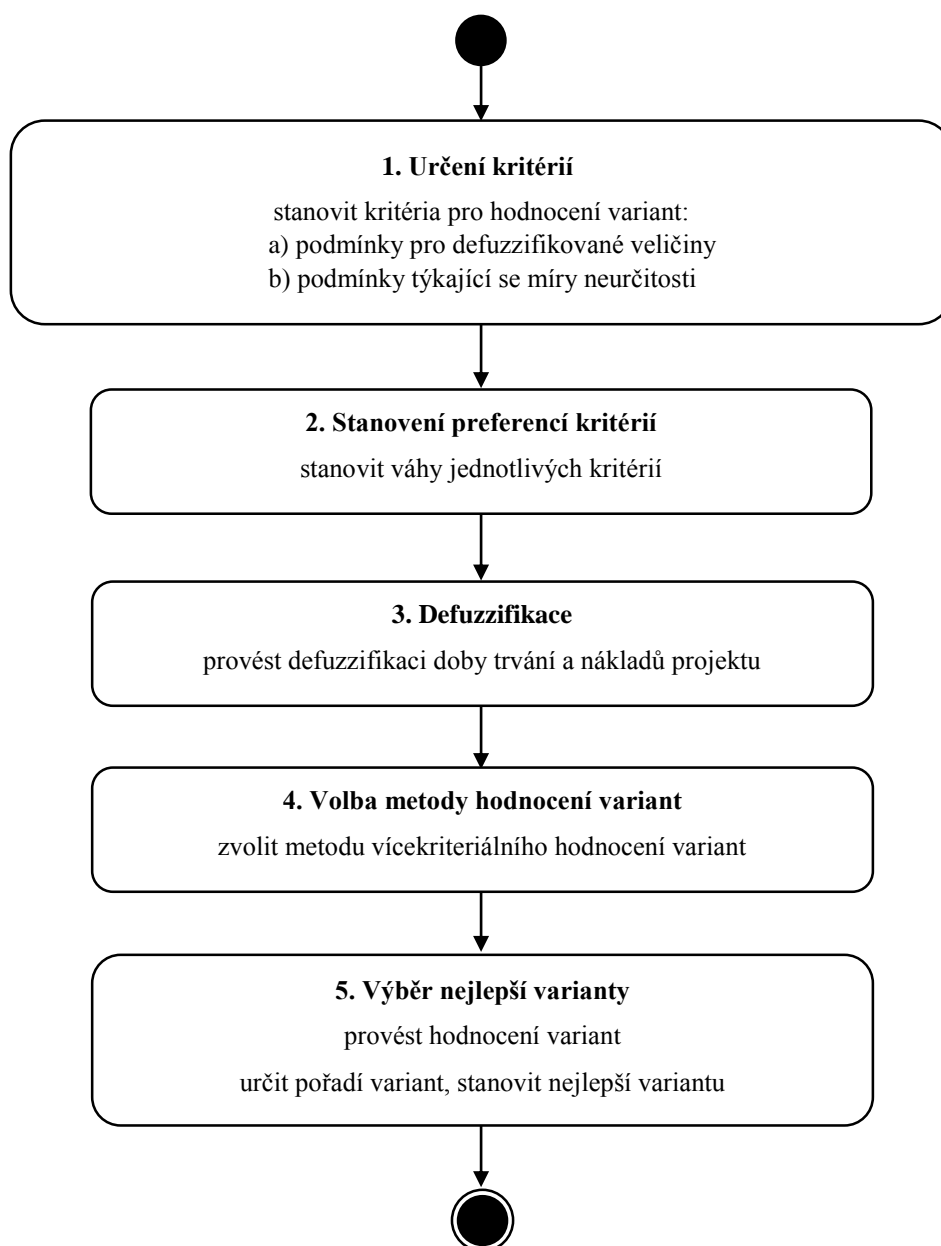
V případě, že by takto byly vyřazeny všechny varianty, znamená to, že základní omezující požadavky jsou v rámci uvažovaných postupů nesplnitelné, a bude nutné buď uvažovat o zcela jinak postaveném způsobu dosažení projektového cíle, nebo vyvolat jednání o změně těchto omezujících požadavků.

V dalším předpokládejme, že nám po případném vyřazení variant, které zásadním způsobem nevyhovují základním požadavkům na projekt, zůstala sada variant (tj. více než jedna varianta), jež by všechny měly splňovat základní požadavky na projekt (cíl, počáteční a koncový stav, vstupy, výstupy) a vyhovovat základním omezujícím požadavkům. Všechny tyto varianty jsou charakterizovány příslušnými fuzzy veličinami, které využijeme v další části k posouzení a vyhodnocení variant s cílem nalézt takovou variantu projektového plánu, u které budou největší předpoklady, že realizace projektu co nejvíce vyhoví požadavkům, zejména pak na celkovou dobu trvání a náklady.

Popsali jsme postup, jak můžeme získat sadu variant, jež budeme následně porovnávat. Tento postup zdánlivě vyžaduje vykonat poměrně velký počet kroků, ale většina z nich je (v deterministické podobě) standardní součástí plánování projektu, a navýšení práce oproti běžné praxi plyne tedy jen z toho, že u doby trvání a nákladů připouštíme více možných hodnot (s různým stupněm možnosti).

Posouzení a vyhodnocení variant

Postup, který nám umožní porovnat mezi sebou možné varianty řešení projektu, jejichž seznam jsme si připravili v předchozí části, můžeme opět rozdělit na několik kroků. Schematické znázornění postupu je uvedeno na následujícím obrázku (Obr. 14).



Obr. 14 Posouzení a vyhodnocení variant projektového plánu

Krok 1 - Určení kritérií

Abychom mohli varianty připravené předchozím postupem hodnotit, musíme stanovit konkrétní kritéria, podle kterých je budeme posuzovat. Volbě kritérií jsme se věnovali v kapitole 6.4.3. Zde jen shrňme, že můžeme rozlišovat dvě skupiny kritérií. Do první skupiny patří podmínky pro defuzzifikované hodnoty posuzovaných charakteristik projektu, tedy především pro defuzzifikované hodnoty doby trvání a nákladů, případně dalších doplňkových parametrů. Do druhé skupiny můžeme zařadit podmínky zaměřené na neurčitost, tj. týkající se rizika, že varianta bude probíhat jinak, než jak to udávají defuzzifikované hodnoty. Sem patří např. doplňující podmínky, které jsem navrhla v kapitole 6.4.3.

Krok 2 - Stanovení preferencí kritérií

V tomto kroku je třeba rozhodnout, zda budou některá kritéria důležitější než jiná, a pokud ano, je nutné ohodnotit tyto preference, tj. stanovit váhy jednotlivých kritérií. Jak už jsme se zmínili v kapitole 6.4.3, pro přiřazení vah jednotlivým kritériím existují standardní postupy, které lze využít. Získáme tak sadu normovaných vah charakterizujících význam jednotlivých kritérií.

Krok 3 - Defuzzifikace

Provedeme defuzzifikaci posuzovaných charakteristik projektu, tedy především doby trvání a nákladů, případně dalších doplňkových parametrů. K defuzzifikaci využijeme některou z metod popsaných v Příloze D. Vzhledem k tomu, že jsme zavedli doplňující kritéria charakterizující míru neurčitosti, bude zřejmě nejvhodnější použít k defuzzifikaci metodu středu maxima.

Krok 4 - Volba metody hodnocení variant

Zvolíme metodu pro vícekritériální hodnocení variant. Volbou metody jsme se zabývali v kapitole 6.4.3. Jak už jsme uvedeno, volba metody může být ovlivněna tím, zda má projektový manažer k dispozici nějaký vhodný software, nebo zda má s nějakou metodou předchozí zkušenosti.

Krok 5 - Výběr nejlepší varianty

Metodou zvolenou v předchozím kroku provedeme vyhodnocení variant. Stanovíme tak pořadí variant a určíme variantu, která podle zvolených kritérií a s ohledem na váhy přiřazené jednotlivým kritériím poskytuje největší předpoklady pro úspěšnou realizaci projektu.

Pořadí variant, závisí především na vahách jednotlivých kritérií a na použité metodě hodnocení. V dalším kroku bychom tedy mohli zkoumat citlivost stanoveného pořadí variant na váze přiřazené jednotlivým kritériím, případně na zvolené metodě. Znamenalo by to provádět vyhodnocení variant pro trochu jinak rozdělené váhy přiřazené jednotlivým kritériím a sledovat závislost pořadí variant na malých změnách v přiřazení vah kritériím. Také bychom mohli provést vyhodnocení jinou metodou a určit, zda a jak se změní pořadí variant. Opět je však otázkou, jak důležitý a rozsáhlý projekt řešíme a kolik variant posuzujeme, a tomu je třeba přizpůsobit rozsah prováděných činností. Kromě toho je třeba

uvážit, že právě volba kritérií a jejich preferencí (vah) poskytuje projektovému manažerovi možnost jak zohlednit specifické požadavky projektu. Projektovému manažerovi také patří konečné rozhodnutí, zda variantu, která byla popsáným postupem a s ohledem na zadaná kritéria a jejich váhy označena za nejvhodnější, použije pro realizaci projektu. Cílem navrženého postupu je připravit mu pro toto rozhodování dostatek podkladů.

6.4.5. Případová studie

Navržený postup jsem využila v praxi při plánování implementace ekonomického informačního systému v jedné společnosti v Libereckém kraji, která se zabývá výrobou a distribucí tepla a teplé vody pro město, v němž společnost sídlí, a pro jeho přilehlé okolí. Jako projektový manažer jsem měla na starosti přípravu, plánování i řízení realizace projektu. Projekt implementace byl ovlivněn tím, že společnost změnila vlastníka (město ji kupovalo od holdingové společnosti) a časový prostor pro implementaci nového ekonomického systému byl velmi omezený. Projekt implementace mohl být zahájen až pět týdnů před dnem, ke kterému byly podle plánu ukončeny účetní operace společnosti v původním holdingovém účetním systému. V původním systému byly k tomuto dni ukončení operací také provedeny závěrkové účetní operace. S ohledem na kriticky krátkou dobu, která byla k dispozici pro implementaci nového ekonomického systému, bylo dohodnuto, že jednotlivé agendy nového systému nemusí být všechny kompletně k dispozici ke dni následujícímu po ukončení účetních operací v původním holdingovém systému, ale že jejich činnost může být zahajována postupně během dalších dní či týdnů s tím, že nesmí být ohrožena fakturace komodit dodávaných odběratelům, nesmí dojít k překročení splatnosti závazků společnosti a musí být dodrženy všechny zákonné lhůty pro povinné výkazy společnosti, tj. zejména termín podání Přiznání k dani z přidané hodnoty. Informační systém pro evidenci a fakturaci dodávek komodit odběratelům (tzv. zákaznický systém) se při změně vlastníka společnosti neměnil, na straně ekonomického systému však bylo třeba připravit nové rozhraní pro import dokladů ze zákaznického systému (předpisy záloh a vystavené faktury) a pro export plateb (zaplacené zálohy, zaplacené faktury) zpět do tohoto systému. Součástí uvažovaného projektu nebylo řešení hardwarové infrastruktury, operačního systému, databázového a kancelářského software. Tyto komponenty byly vyřešeny samostatně a byly v okamžiku zahájení implementačních prací ekonomického systému plně k dispozici. Při plánování a přípravě projektu probíhaly samozřejmě i další činnosti. Hodně času bylo např. věnováno posouzení a vyhodnocení rizik a návrhu opatření pro jejich eliminaci a řešení případných problémů. Vzhledem k tomu, že nejsou předmětem mé práce, nejsou zde tyto další činnosti však blíže rozebírány.

Ve společnosti byly implementovány tyto agendy ekonomického systému:

- účetnictví
- evidence dodavatelů, objednávky, zálohy a faktury přijaté

- evidence zákazníků, zálohy a faktury vydané (kromě evidence dokladů ze zákaznického systému existuje i tzv. ostatní fakturace řešená přímo v ekonomickém systému)
- sklad materiálu – evidence skladových položek, příjmy a výdeje
- pokladny
- banka – evidence výpisů, příprava příkazů, komunikace s bankovním softwarem
- výkazy
- rozpočty
- evidence majetku, odpisy

Výše uvedené agendy byly standardní součástí implementovaného systému, tj. před zahájením jejich implementace nebylo nutné vyvíjet jinou novou funkcionalitu než dále zmíněné interface a sestavy.

Jako součást implementace bylo nutné

- provést analýzu, jak mají být nastaveny parametry jednotlivých agend, aby jejich funkcionalita vyhovovala potřebám společnosti
- provést příslušné nastavení parametrů
- zaškolit uživatele v používání agend
- naplnit základní číselníky konkrétními daty společnosti a provést migraci počátečních stavů, aby byla zachována nezbytná kontinuita účetních a dalších operací

Součástí projektu byl také softwarový vývoj následujících modulů, nutných pro výměnu dat ekonomického systému se zákaznickým systémem, s bankovním softwarem a pro potřeby managementu společnosti

- 4 interface se zákaznickým systémem
- 2 interface pro komunikaci s bankovním softwarem
- 5 nových sestav

Přestože bylo od počátku jasné, že čas pro implementaci bude krátký, obchodně právní důvody neumožňovaly zahájit projekt dříve. Projekt byl proto před vlastním zahájením velmi pečlivě plánován a byly při tom zvažovány různé varianty implementace. Aby byla při plánování zohledněna nejistota při odhadu dob trvání jednotlivých činností a postihnuta neurčitost vyplývající z předem těžko předvídatelných odchylek od plánovaného průběhu projektu a aby bylo možné lépe zhodnotit riziko nedodržení plánovaných termínů, nebyl plán projektu zadán deterministicky, ale doby trvání činností byly zadány jako fuzzy veličiny s více možnými hodnotami a odpovídající funkcí příslušnosti (tj. s odpovídajícími stupni možnosti). Z připravovaných smluvních podmínek vyplýval také důraz na co možná nejnižší náklady na realizaci projektu. Při plánování projektu byly proto odhadovány i náklady na jednotlivé činnosti. Byly zvažovány různé varianty realizace projektu a k výběru nejvhodnější varianty byl použit výše navržený postup. Vybraná varianta projektového plánu pak byla využita k realizaci projektu.

S ohledem na nutnost zachovat obchodní tajemství, kterým je naše společnost při implementaci vázána, a také pro větší názornost při demonstraci navrženého postupu byl popisovaný projekt pro potřeby této práce mírně zjednodušen. Charakter projektu, cíle, struktura i jeho hlavní parametry jsou však reálné. Postup, který ve své práci navrhuji, byl při plánování projektu aplikován a výsledky, které jsem tímto postupem získala, jsem využila a ověřila při realizaci projektu. Jsem přesvědčena, že rozbor projektu a informace, které jsem díky tomuto přístupu získala, mi pomohly lépe zvážit a porovnat různé alternativy, jak se může projekt vyvíjet, a vybrat z nich tu nejvhodnější. Navrhovaný přístup mi pomohl uvědomit si, jak se může prodloužit doba trvání projektu, pokud se prodlouží z nějakého důvodu doba trvání určitých činností, u kterých se to na základě předchozích zkušeností nebo i z nějakých jiných důvodů dá očekávat, a jak se v souvislosti s tím budou měnit náklady projektu. Za významnou přednost navrženého postupu považuji i možnost lépe vyhodnotit riziko přetížení zdrojů, které musím při plánování projektu často řešit. Nový přístup mi umožnil při plánování projektu s tímto rizikem pracovat a v plánu ho zohlednit. Podle mého názoru tak tento postup rozhodně přispěl k tomu, že realizace projektu probíhala bez větších problémů a byla celkově úspěšná. Projekt byl pozitivně hodnocen nejen interně v naší společnosti, ale i ve společnosti, kde implementace probíhala.

V dalších odstavcích shrneme nejdůležitější východiska a závěry jednotlivých kroků při aplikaci navrženého postupu na hodnocení variant projektového plánu uvedeného projektu implementace ekonomického systému. Detailnější popis ke všem krokům včetně podrobných výsledků prováděných výpočtů je uveden v Příloze E.

Příprava variant projektového plánu

Krok 1 – Definice projektu

- Cíl projektu: Provést implementaci nového ekonomického informačního systému
- Počáteční stav: Ve společnosti je funkční původní ekonomický systém holdingové společnosti integrovaný se zákaznickým systémem a bankovním software společnosti.
Pro implementaci je vybrán a schválen nový ekonomický systém, jehož funkcionalita pokrývá požadované agendy.
- Koncový stav: Ve společnosti je funkční nový ekonomický systém holdingové společnosti integrovaný se zákaznickým systémem a bankovním software společnosti.
- Termín zahájení projektu: 27. srpna
- Termín ukončení prací v předchozím systému: 30. září

Termín zahájení operací v novém systému:	1. října
Termín první fakturace odběratelům:	10. listopadu
Termín prvního podání Přiznání k DPH:	25. listopadu
Další požadavky a podmínky projektu:	Je žádoucí minimalizovat projektové náklady Pro implementaci je dispozici projektový tým dodavatele

Se systémem bude pracovat po zahájení plného provozu všech agend 10 uživatelů.

Krok 2 – Dekompozice projektu na činnosti

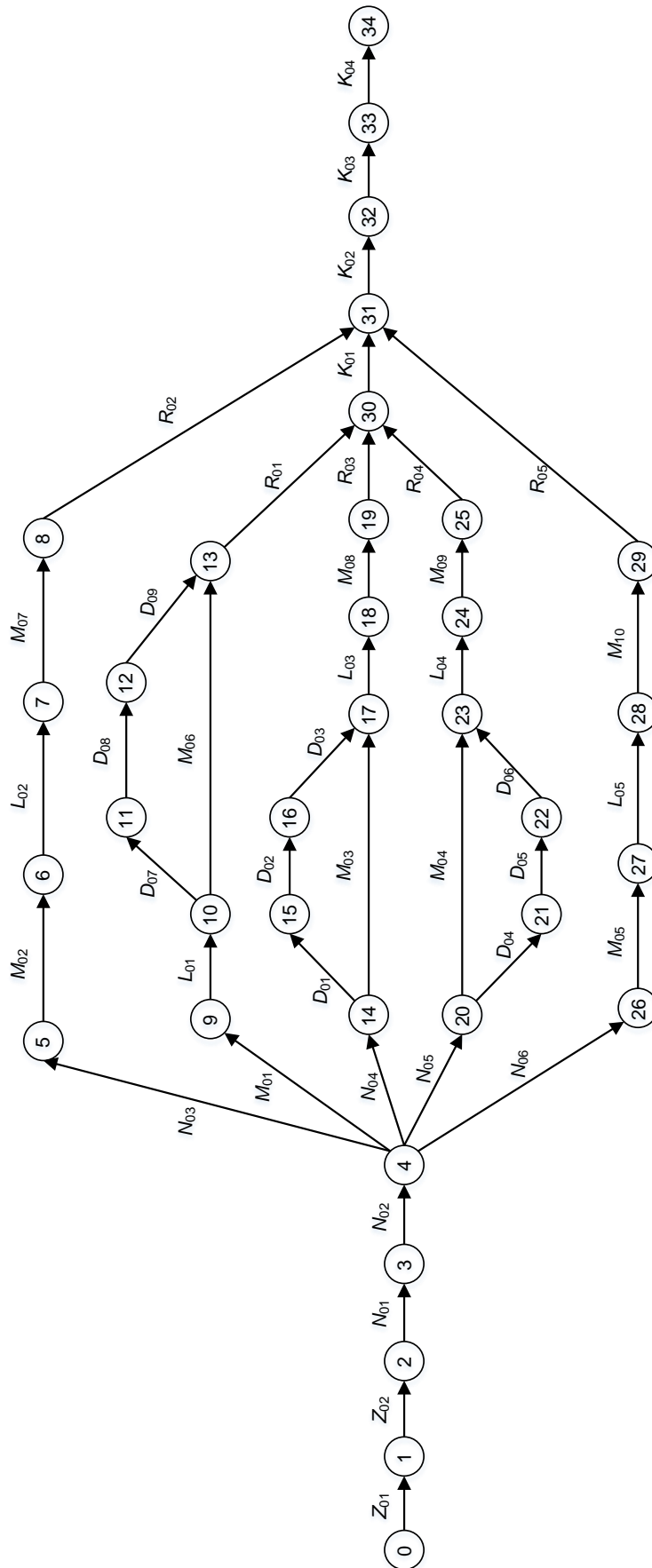
Při rozkladu projektu na činnosti byly identifikovány tyto skupiny činností, které je třeba v rámci projektu vykonat

- Zahajovací činnosti projektu a základní instalace systému, založení uživatelů, nastavení oprávnění (činnosti Z_{01} a Z_{02})
- Analýza a realizace nastavení parametrů systému pro jednotlivé agendy (činnosti N_{01} až N_{06})
- Školení uživatelů (činnosti L_{01} až L_{05})
- Vývoj – interface se zákaznickým systémem, interface s bankovním softwarem, 5 sestav (činnosti D_{01} až D_{09})
- Naplnění číselníků, migrace tzv. statických dat a migrace tzv. dynamických dat ze starého systému (činnosti M_{01} až M_{10})
- Zahájení rutinního provozu – ověřovací provoz agend (činnosti R_{01} až R_{05})
- Kontrolní výstupy a ukončení projektu (činnosti K_{01} až K_{04})

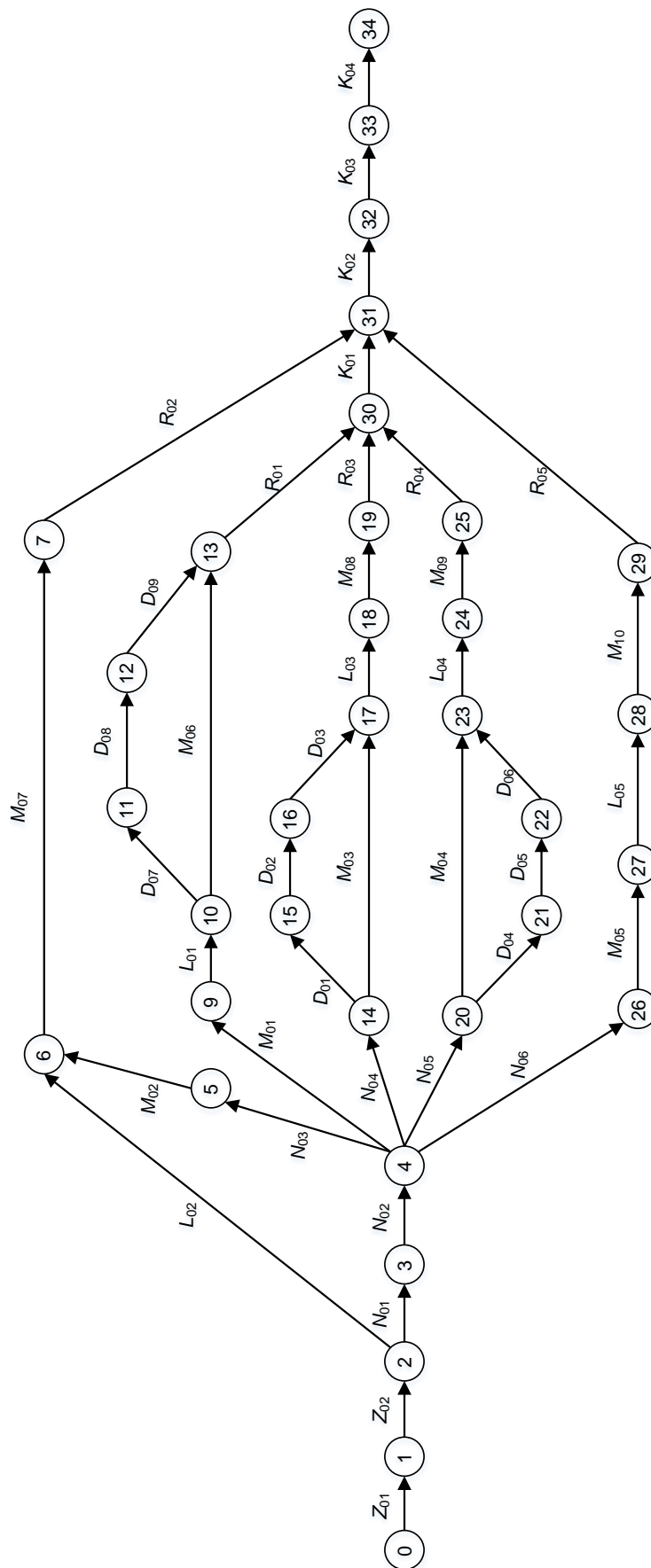
Výčet všech činností v jednotlivých skupinách je uveden v Příloze E.

Byly uvažovány čtyři varianty dekompozice projektu na jednotlivé činnosti – Varianty V_1 až V_4 . Všechny varianty předpokládaly vykonání všech výše uvedených činností, lišily se navzájem pouze pořadím některých činností. Průběh projektu a návaznosti činností v jednotlivých variantách jsou schematicky znázorněny na obrázcích Obr. 15, Obr. 16, Obr. 17 a Obr. 18.

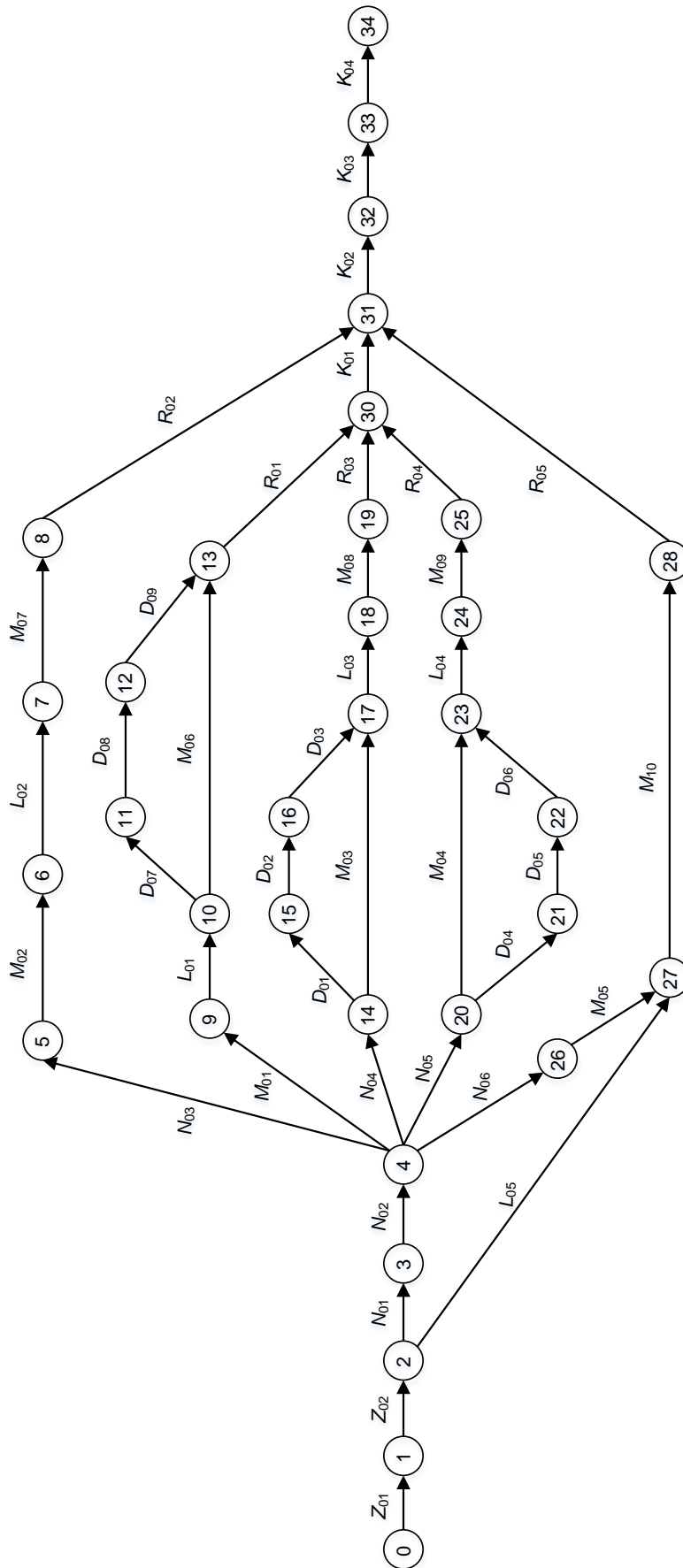
Detailněji jsou všechny varianty i rozdíly mezi nimi popsány v Příloze E.



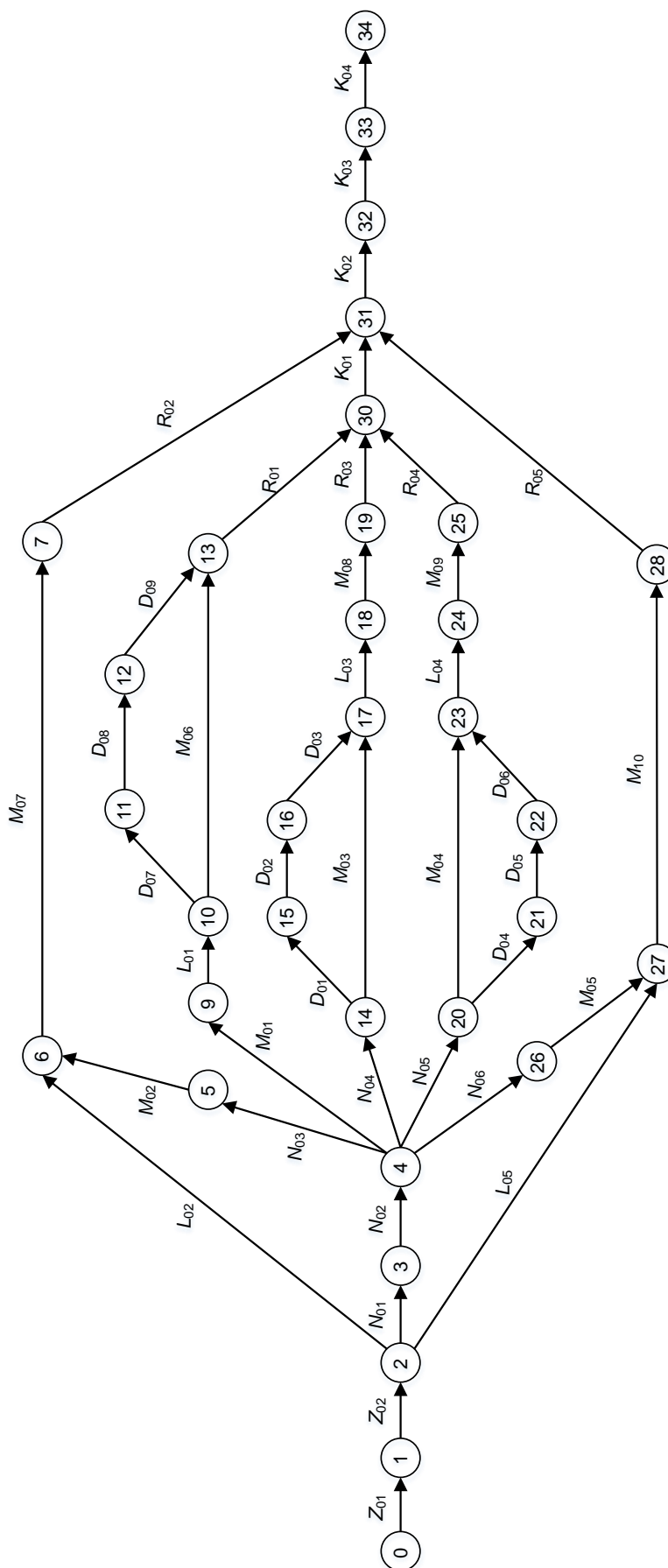
Obr. 15 Případová studie, průběh projektu – varianta V_1



Obr. 16 Případová studie, průběh projektu – varianta V_2



Obr. 17 Případová studie, průběh projektu – varianta V_3



Obr. 18 Případová studie, průběh projektu – varianta V₄

Krok 3 - Možné doby trvání

Pro každou činnost byly odhadnuty možné doby trvání spolu s hodnotami funkce příslušnosti charakterizujícími možnost, že činnost bude danou dobu trvat. Hodnoty jsem stanovila na základě zkušenosti s podobnými projekty a po diskusi s dalšími dvěma členy plánovaného projektového týmu, kteří byli s připravovaným projektem předem seznámeni. Vzhledem ke krátké době trvání projektu byla za základní časovou jednotku pro plánování a řízení projektu zvolena pracovní hodina.

Stanovené časy a jim příslušné stupně možnosti jsou pro jednotlivé činnosti a varianty uvedeny v Příloze E v tabulkách Tab. E.1, Tab. E.2, Tab. E.3 a Tab. E.4.

Krok 4 – Způsob stanovení nákladů

Pro každou činnost byl stanoven způsob výpočtu nákladů. Pro účely vyhodnocení projektu a posouzení variant byly uvažovány pouze přímé náklady naší společnosti, která dodala a implementovala ekonomický informační systém. Funkce byly stanoveny na základě kalkulací používaných v naší společnosti.

Konkrétní způsob určení nákladů je pro jednotlivé činnosti a varianty uveden v Příloze E v tabulkách Tab. E.1, Tab. E.2, Tab. E.3 a Tab. E.4.

Krok 5 – Přiřazení zdrojů

Jednotlivým činnostem byly také přiřazeny zdroje, které budou danou činnost realizovat, tj. v našem případě pracovníci provádějící implementaci. Vzhledem k tomu, že pro každou oblast byl na straně společnosti, kde se ekonomický informační systém implementoval, určen samostatný uživatel, a že zde tedy nedocházelo ke kumulaci funkcí, a protože bylo dohodnuto, že uživatelé budou pro implementaci plně k dispozici, nebyli uživatelé plánováni k činnostem jako další zdroje.

Na projekt byli plánováni tyto pracovníci (zdroje):

- S₁ – Konzultant pro oblast účetnictví, výkazů, rozpočtů
- S₂ – Konzultant pro oblast banky a pokladen
- S₃ – Konzultant pro oblast správy majetku
- S₄ – Konzultant pro oblast prodeje
- S₅ – Konzultant pro oblast nákupu a skladů
- S₆ – Konzultant zodpovědný za instalaci systému, parametrizaci jádra a správu uživatelů a jejich oprávnění

- S_7 – Programátor
- S_8 – Tester a dokumentarista
- S_9 – Vedoucí projektu

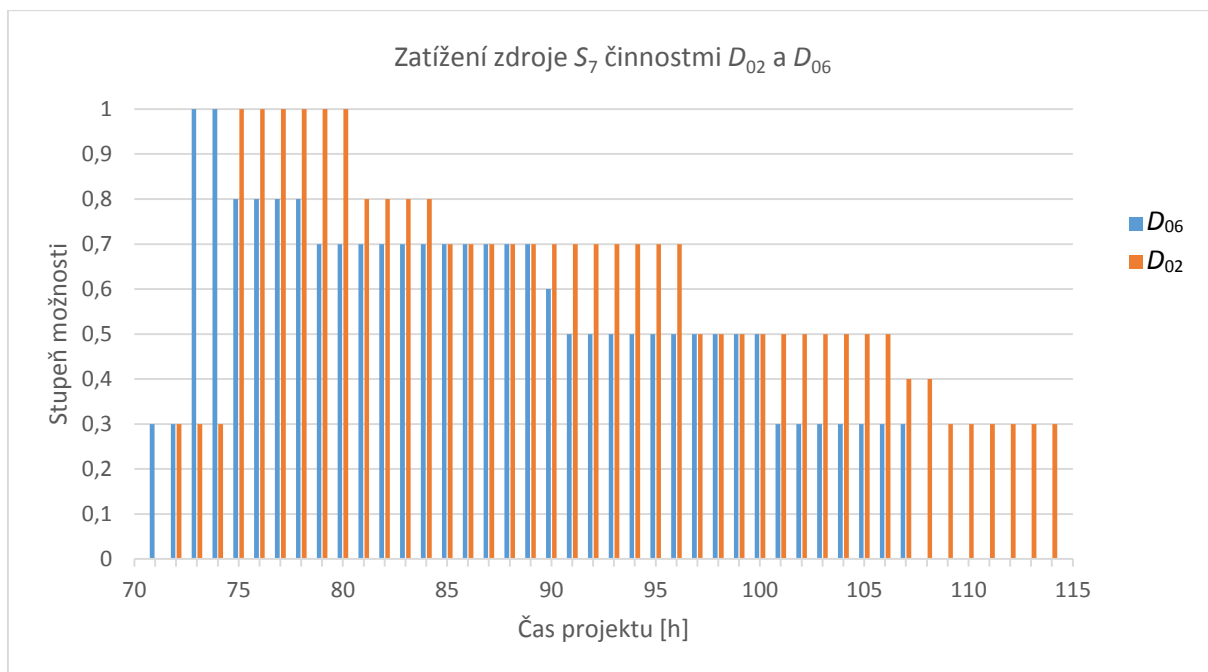
Konkrétní přiřazení pracovníků jednotlivým činnostem je pro jednotlivé varianty uvedeno v Příloze E v tabulkách Tab. E.1, Tab. E.2, Tab. E.3 a Tab. E.4.

Krok 6 – Vyhodnocení rizika přetížení zdrojů

Postupem popsáním v kapitole 6.3 a s využitím vztahů, které jsou v této kapitole odvozeny, bylo vyhodnoceno zatížení jednotlivých zdrojů. Ukázalo se, že v několika případech vážným způsobem hrozí přetížení zdrojů a je nutné provést přeplánování nebo jiné přiřazení zdrojů. V jednom případě bylo možné vyřešit hrozící přetížení zdroje tím, že s realizací příslušné činnosti pomůže zdroj, který bude v době realizace činnosti volný. Dvakrát bylo možné provést posunout plánované zahájení problematické činnosti tak, aby se přetížení zdroje eliminovalo a nedošlo přitom k prodloužení doby trvání projektu. Jeden případ však vyžadoval podrobnější analýzu.

Riziko přetížení zdroje v tomto případě nemělo nejvyšší stupeň možnosti (stupeň možnosti přetížení dosahoval hodnoty 0,8 a nižší), takže při deterministickém přístupu k plánování projektu by toto riziko nebylo odhaleno. Přetížení zdroje však hrozilo po dobu 32 pracovních hodin a z toho po dobu 25 pracovních hodin se stupněm možnosti 0,5 nebo vyšším. Vzhledem k tomu, že šlo o přetížení programátora, který byl přiřazen k činnostem ve více projektových cestách, z nichž některé patřily k cestám, které svou dobou trvání mohly ovlivnit dobu trvání celého projektu, bylo rozhodně třeba věnovat tomuto riziku pozornost.

Schematicky je toto riziko přetížení zdroje dvěma činnostmi znázorněno na obrázku Obr. 19, kde vidíme plánované zatížení zdroje oběma činnostmi. Pro každou činnost znázorňuje výška čáry stupeň možnosti, že zdroj bude v danou hodinu tuto činnost vykonávat. Každé činnosti přísluší jiná barva čáry. Jednalo se konkrétně o zdroj S_7 , kterému hrozilo přetížení činnostmi D_{06} a D_{02} . Jejich doba trvání, které byl přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, byla sice taková, že by časově první z těchto činností, činnost D_{06} , měla skončit právě před tím, než měla začít činnost D_{02} , nicméně s velkým stupněm možnosti (0,8) hrozilo, že činnost D_{06} bude trvat déle a začne se časově překrývat s činností D_{02} .



Obr. 19 Případová studie, riziko přetížení zdroje S_7

Vzhledem ke konkrétní situaci a možnostem byly zvažovány dva způsoby řešení a vznikly tak další čtyři varianty plánu, protože uvedené přetížení hrozilo ve všech variantách.

Jedním způsobem, jak řešit hrozbu přetížení, bylo předem počítat při plánování projektu s tím, že může dojít k posunutí začátku druhé z obou překrývajících se činností, a tím i k posunutí začátku dalších navazujících činností, a zohlednit tuto možnost v plánu projektu. Toto zohlednění bylo provedeno s využitím vztahů, které jsem odvodila v kapitole 6.3.6. Druhou možností bylo přiřadit činnosti (D_{02}), která hrozila, že se bude překrývat s první činností (D_{06}), nový zdroj, a to externího programátora, se kterým naše společnost občas spolupracuje. Přitom bylo ovšem potřeba počítat s tím, že na vykonání činností, které mu budou přiděleny, bude potřebovat delší čas než interní programátor, protože se bude muset s konkrétní aplikací seznámit. Současně dojde i k navýšení jednotkových nákladů, protože náklady na externího pracovníka jsou vyšší než na interního. Z předběžných výpočtů se však dalo očekávat, že by v tomto případě nemělo dojít k významnějšímu prodloužení doby trvání celého projektu.

Pro další posuzování a vyhodnocení tak bylo uvažováno celkem osm variant. V Příloze E jsou v tabulkách Tab. E.6, Tab. E.7, Tab. E.8 a Tab. E.9 pro nové varianty V_5 , V_6 , V_7 a V_8 uvedeny odpovídající detailní informace týkající se dob trvání činností, funkce příslušnosti dob trvání, nákladů a přiřazení zdrojů.

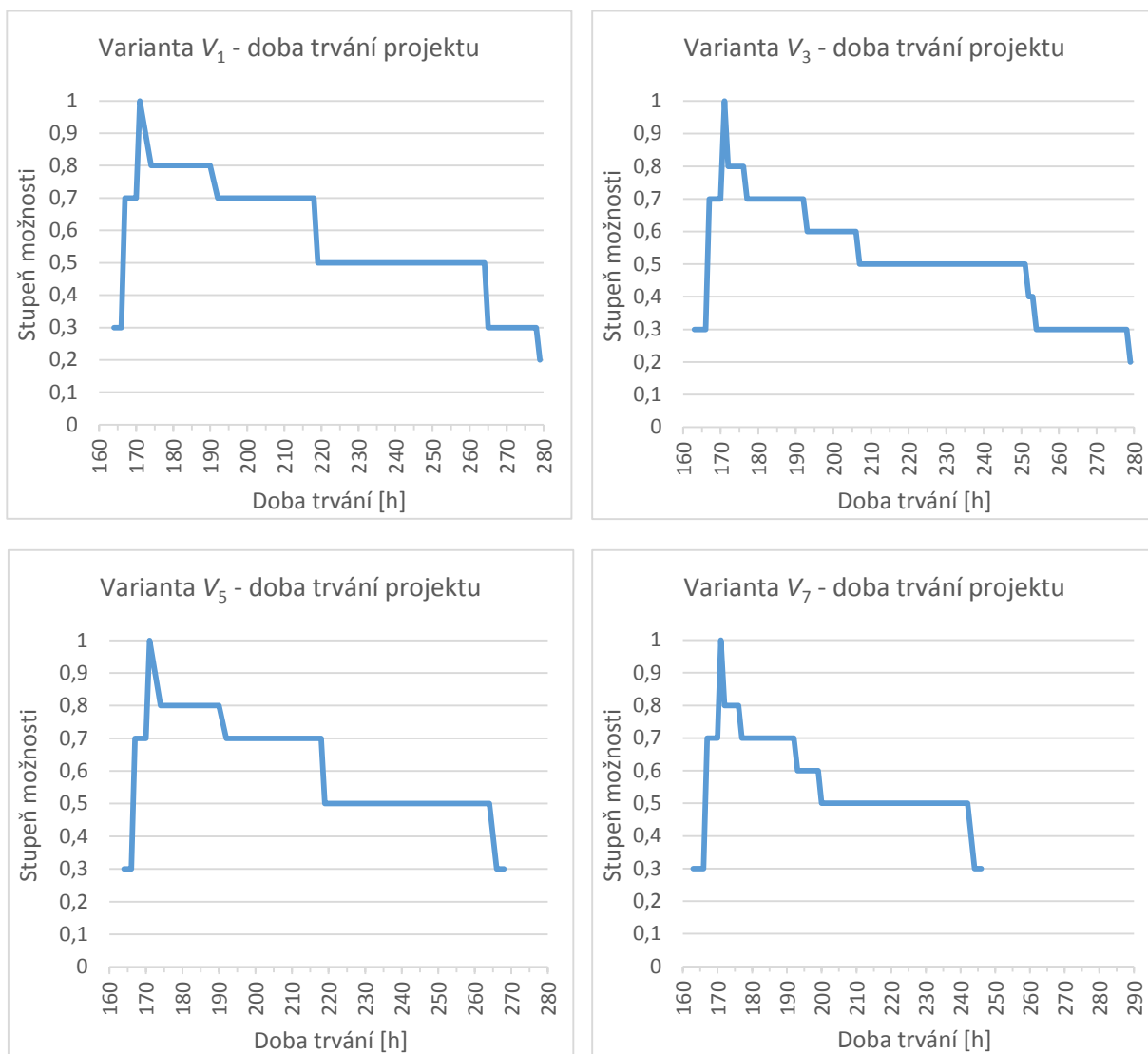
Krok 7 - Určení celkové doby trvání a celkových nákladů projektu

Postupně byly pro každou z osmi variant vyhodnoceny doby trvání projektu a související projektové náklady a vypočtena funkce příslušnosti těchto veličin. K výpočtům byly použity vztahy, které jsem odvodila v kapitole 6.2. Výsledky výpočtů byly porovnány s klíčovými termíny projektu specifikovanými v prvním kroku. Detailní informace týkající výpočtů a jejich výsledků pro jednotlivé varianty lze nalézt v Příloze E. Zde uvedeme jen nejdůležitější závěry.

Na základě průběžného porovnání výsledků výpočtů se ukázalo, že některé varianty je možné rovnou vyřadit z dalšího posuzování, protože s jistotou nemohou být lepší než jiné, neboť nemohou mít ani kratší dobu trvání ani nižší náklady – viz rozbor u jednotlivých variant. Takto bylo možno vyřadit variantu V_2 , která nemohla být lepší než varianta V_1 , variantu V_4 , která nemohla být lepší než varianta V_3 , variantu V_6 , která nemohla být lepší než varianta V_5 , a variantu V_8 , která nemohla být lepší než varianta V_7 .

Následující obrázky ukazují výsledný průběh funkcí příslušnosti doby trvání projektu (Obr. 20) a průběh funkcí příslušnosti projektových nákladů (Obr. 21) pro zbývající varianty V_1 , V_3 , V_5 , V_7 .

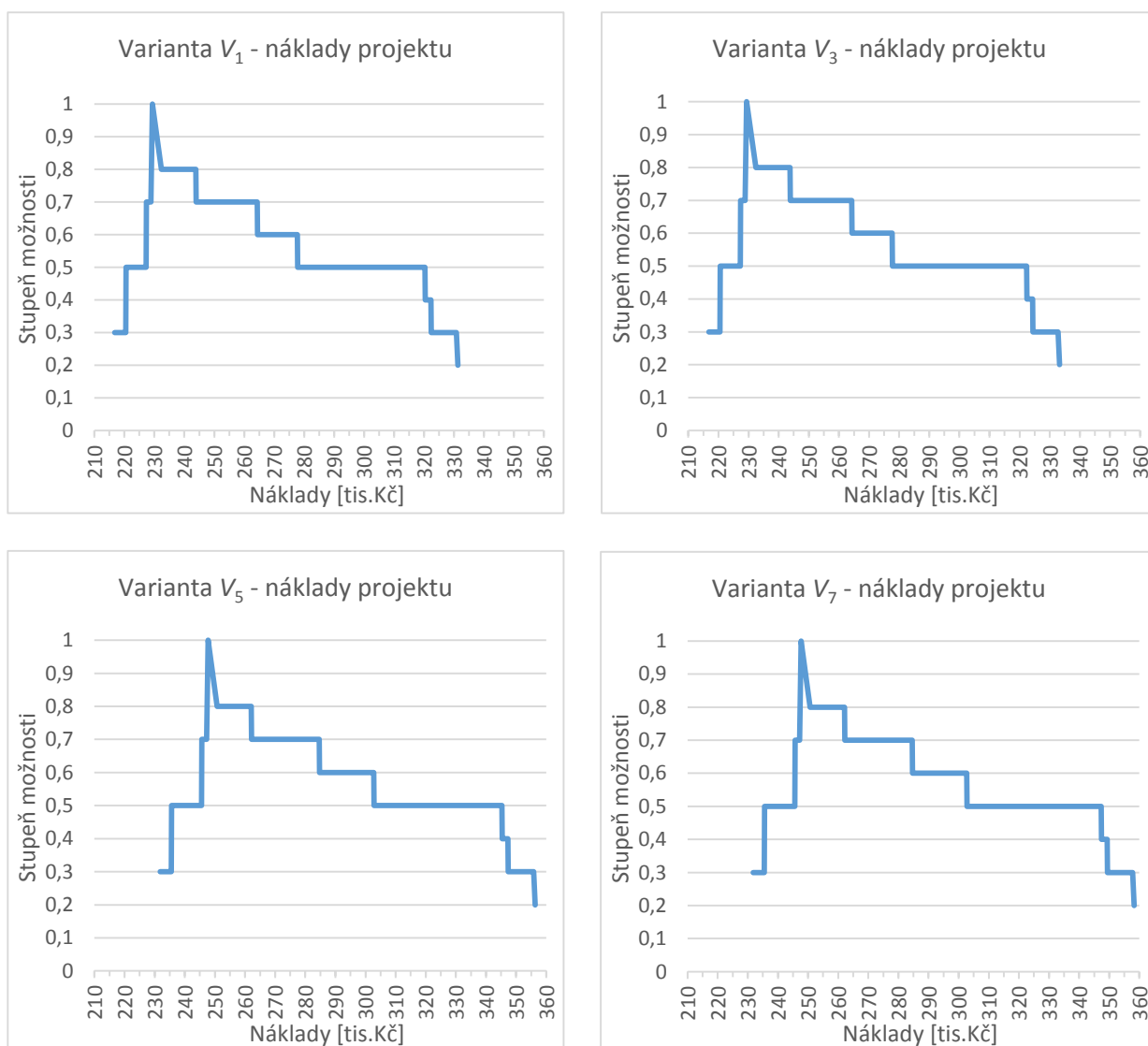
Ukázalo se, že doba trvání projektu, které je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti s hodnotou 1,0, je ve všech variantách stejná, a to 171 pracovních hodin. Varianty se však mezi sebou liší v míře neurčitosti, tj. v tom, jak se tato doba trvání může změnit, zejména pak prodloužit, pokud budou některé činnosti probíhat déle, tedy pokud jejich doba trvání bude odpovídat dobám trvání, u kterých se předpokládá nižší stupeň možnosti. Z obrázku je patrné, že největší míra neurčitosti v tomto směru je u variant V_1 a V_3 , u kterých se může doba trvání prodloužit až na 279 pracovních hodin (se stupněm možnosti 0,2). Naopak nejmenší míra neurčitosti je u varianty V_7 , jejíž doba trvání může být nejvýše 246 pracovních hodin (se stupněm možnosti 0,3).



Obr. 20 Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianty V_1 , V_3 , V_5 , V_7

Pro náklady projektu výpočty ukázaly, že u variant V_1 a V_3 lze s nejvyšším stupněm možnosti (s hodnotou 1,0) očekávat náklady shodně ve výši 229,4 tisíce Kč, zatímco u variant V_5 a V_7 představují náklady, kterým je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, částku o něco vyšší, a to shodně 247,7 tisíc Kč. I u nákladů se varianty mezi sebou liší v míře neurčitosti, s jakou lze náklady v jednotlivých variantách očekávat, tedy v tom, jak se mohou lišit celkové náklady projektu od výše uvedených částek, pokud nebude projekt probíhat tak, jak se s nejvyšším stupněm možnosti předpokládalo. Největší míra neurčitosti byla zaznamenána u varianty V_7 , u níž mohly být náklady vyšší až o 110,6 tisíce Kč (se stupněm možnosti 0,2), než je hodnota nákladů, která má v této variantě nejvyšší stupeň možnosti (se stupněm možnosti 1,0). Naopak nejmenší míra neurčitosti byla zaznamenána u varianty V_1 , u níž mohly být náklady vyšší až o 101,9 tisíce Kč (se stupněm možnosti 0,2), než je hodnota nákladů, která má v této variantě nejvyšší stupeň možnosti. Podobně by bylo možné stanovit i míru neurčitosti na

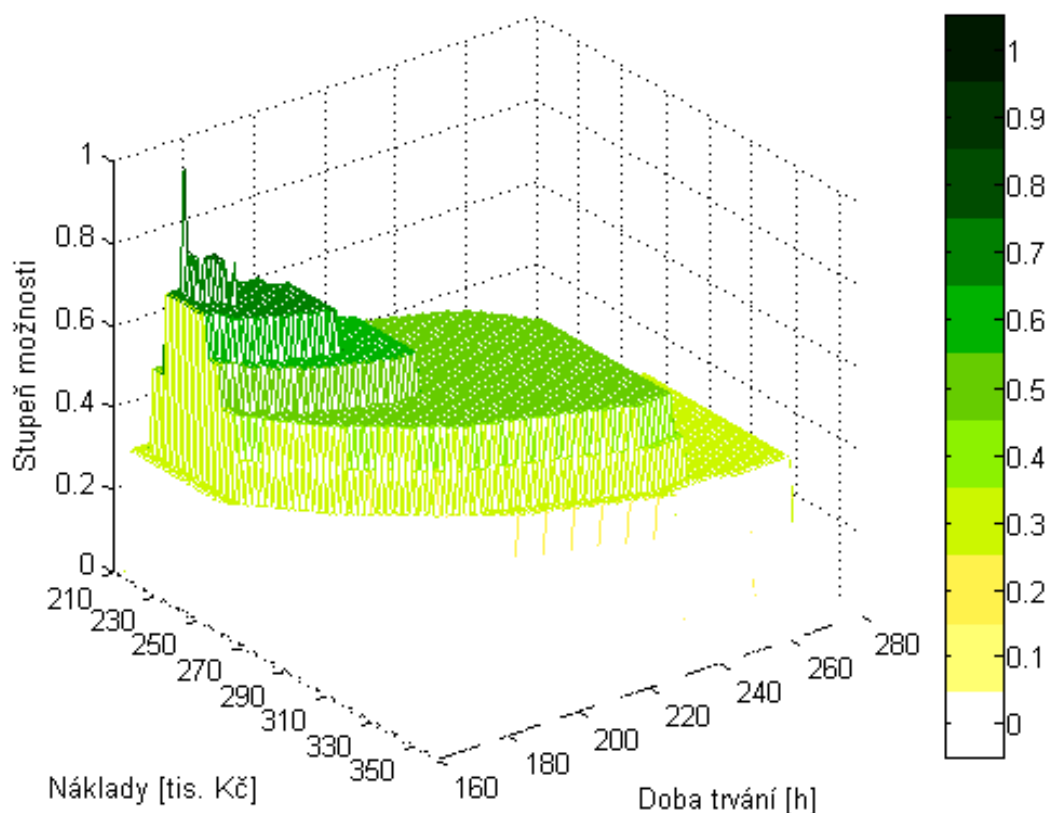
úrovni stupně možnosti 0,5, tedy porovnat, jak nejvíce se mohou navýšit náklady, kterým je přiřazen stupeň možnosti 0,5, v porovnání s náklady, kterým je přiřazen maximální stupeň možnosti 1,0. Výsledky porovnání variant jsou však v našem případě stejné. Největší míra neurčitosti je opět u varianty V_7 , u níž mohly být náklady vyšší až o 99,6 tisíce Kč (se stupněm možnosti 0,5), než je hodnota nákladů, která má v této variantě nejvyšší stupeň možnosti. Obdobně nejmenší míra neurčitosti je u varianty V_1 , u níž mohly být náklady vyšší až o 90,9 tisíce Kč (se stupněm možnosti 0,5), než je hodnota nákladů, která má v této variantě nejvyšší stupeň možnosti.



Obr. 21 Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianty V_1 , V_3 , V_5 , V_7

Zatím jsme diskutovali samostatně průběh funkce příslušnosti celkové doby trvání projektu a samostatně průběh funkce příslušnosti celkových projektových nákladů. Navržená metoda však umožňuje posuzovat projekt současně z obou hledisek, časového i nákladového. Pro ilustraci je průběh

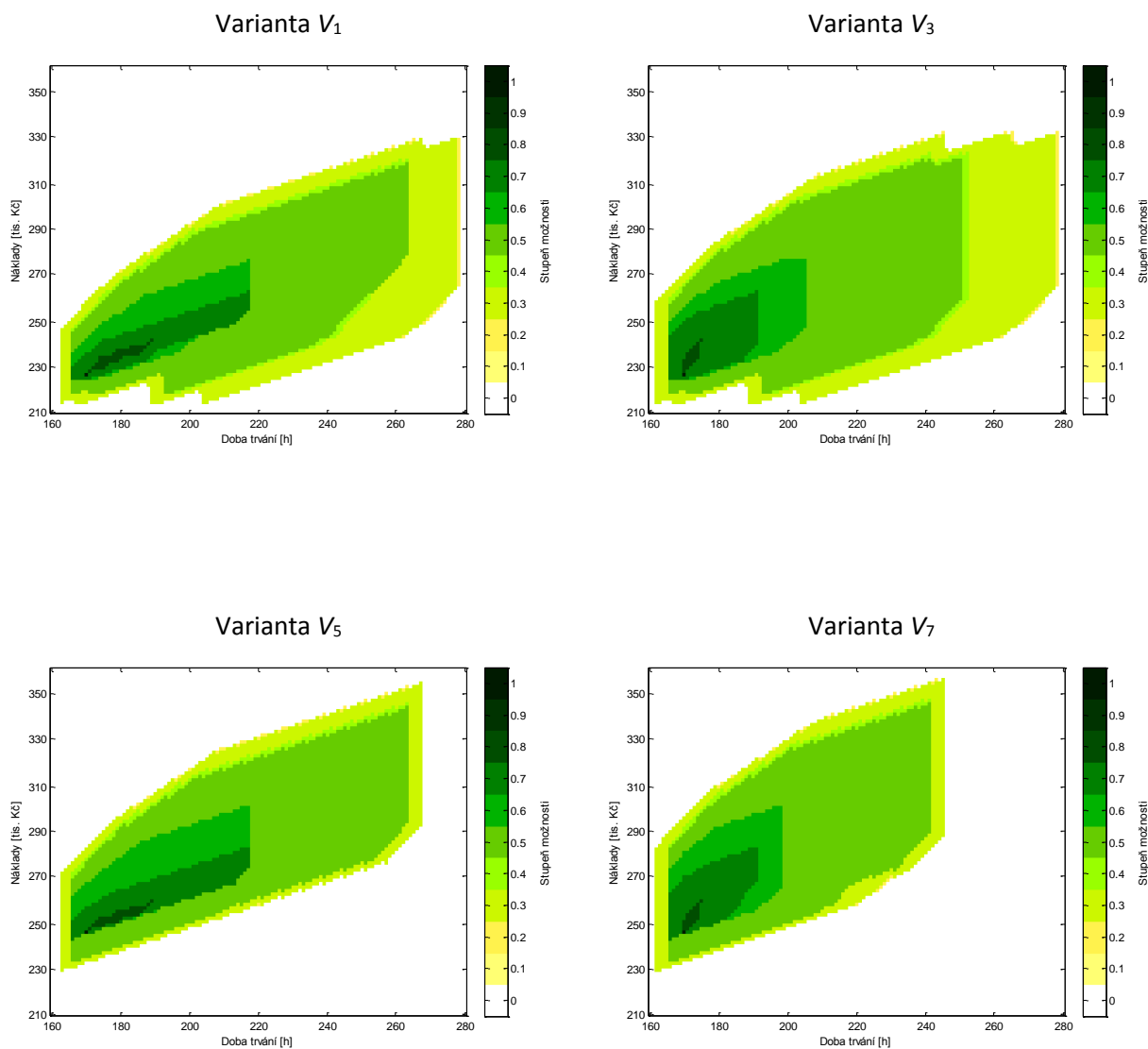
funkce příslušnosti jako funkce dvou proměnných, celkové doby trvání projektu a celkových projektových nákladů, pro variantu V_3 znázorněn na obrázku Obr. 22.



Obr. 22 Případová studie, prostorový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_3

Funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu nabývá diskrétních hodnot, kterým byly přiřazeny různě barevné odstíny. Nejtmaší zelenočerná barva přísluší nejvyššímu stupni možnosti (tj. hodnotě 1,0), s klesajícím stupněm možnosti postupně barva světlá a přechází od zelené ke žluté. Bílá barva odpovídá nulovému stupni možnosti (tj. hodnotě 0,0).

Lepší možnost pro porovnání funkcí příslušnosti doby trvání a nákladů projektu jednotlivých variant však nabízí forma vrstevnicového grafu. V této formě, kde barevné odstíny odpovídají stejným stupňům možnosti jako na předchozím obrázku, jsou funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu pro jednotlivé varianty V_1 , V_3 , V_5 , V_7 znázorněny na obrázku Obr. 23.



Obr. 23 Případová studie, vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianty V_1 , V_3 , V_5 , V_7

Barevné plochy na Obr. 23 pokrývají oblast možných hodnot celkové doby trvání a celkových nákladů projektu. Jak už bylo řečeno, každá barva odpovídá jednomu stupni možnosti a čím je barva tmavší, tím je vyšší stupeň možnosti, že projekt bude mít odpovídající dobu trvání a náklady. Pro každou variantu nabývá funkce příslušnosti své maximální hodnoty 1,0 v jediném bodě, který má nejtmaší barvu a který odpovídá deterministickému způsobu plánování projektu. Velké plochy znamenají velkou mírou neurčitosti se stupněm možnosti, který je dán barvou plochy. Protáhlejší plocha ve vodorovném směru znamená větší neurčitost v době trvání projektu, protáhlejší plocha ve svislém směru znamená větší neurčitost ve výši nákladů. Čím je stupeň možnosti vyšší, tím je důležitější sledovat velikost a tvar odpovídající plochy, a tedy rozsah možných dob trvání a nákladů pro daný stupeň možnosti.

Porovnáme-li průběhy funkce příslušnosti pro jednotlivé varianty, vidíme, že u variant V_1 a V_3 hrozí celkově delší doba trvání než u variant V_5 a V_7 – to je dáno zohledněným posunutím začátku některých činností tak, aby se eliminovalo možné přetížení programátora. Naopak náklady variant V_5 a V_7 budou zřejmě vyšší než náklady variant V_1 a V_3 – to souvisí se zvýšenými náklady na externího programátora. U variant V_1 a V_5 je v době trvání projektu větší neurčitost pro vyšší stupně možnosti (s hodnotami většími než 0,5) než u variant V_3 a V_7 , varianty V_3 a V_7 jsou charakterizovány přibližně stejnou neurčitostí pro stupeň možnosti 0,8 a neurčitost se stupněm možnosti 0,2 je zřejmě nejnižší u varianty V_7 .

Krok 8 – Aktualizace seznamu možných variant

Všechny čtyři výše uvedené varianty V_1 , V_3 , V_5 a V_7 splňovaly základní požadavky týkající se klíčových termínů projektu specifikovaných v prvním kroku. Představovaly tak sadu variant, jež byly v dalších krocích mezi sebou porovnávány v souladu s postupem, který jsem ve své práci navrhla, s cílem vybrat nejlepší, podle níž bude projekt realizován.

Posouzení a vyhodnocení variant

Krok 1 - Určení kritérií

Pro účely porovnání možných variant realizace projektu a nalezení nejvhodnější z nich byla po vzoru kritérií, která navrhuji v kapitole 6.4.3, zvolena tato kritéria

- Krit₁* – doba trvání projektu
(defuzzifikovaná hodnota doby trvání projektu)
- Krit₂* – náklady projektu
(defuzzifikovaná hodnota nákladů projektu)
- Krit₃* – šířka časového intervalu, na kterém je stupeň možnosti doby trvání roven 0,7 nebo vyšší
(Toto kritérium umožňuje posoudit míru neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty doby trvání projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se může změnit doba trvání projektu, budou-li činnosti trvat jinou dobu než tu, které je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to dobu, které je přiřazen stupeň možnosti 0,7 nebo vyšší.)
- Krit₄* – šířka časového intervalu, na kterém je stupeň možnosti pro dobu trvání roven 0,5 nebo vyšší, a to v intervalu napravo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti

(Toto kritérium umožňuje posoudit míru neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty doby trvání projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se může prodloužit doba trvání projektu, budou-li činnosti trvat déle než dobu, které je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to nejvýše dobu, které je přiřazen stupeň možnosti 0,5 nebo vyšší.)

Krit₅ – šířka intervalu nákladů, na kterém je stupeň možnosti pro náklady roven 0,7 nebo vyšší
(Toto kritérium umožňuje posoudit míru neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty nákladů projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se mohou změnit náklady projektu, budou-li náklady jednotlivých činností jiné, než ty, kterým je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to takové, kterým je přiřazen stupeň možnosti 0,7 nebo vyšší.)

Krit₆ – šířka intervalu nákladů, na kterém je stupeň možnosti pro náklady roven 0,5 nebo vyšší, a to v intervalu napravo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti
(Toto kritérium umožňuje posoudit míru neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty nákladů projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se mohou zvýšit náklady projektu, budou-li náklady jednotlivých činností vyšší než ty, kterým je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to nejvýše takové, kterým je přiřazen stupeň možnosti 0,5 nebo vyšší.)

Všechna zvolená kritéria jsou minimalizační, tedy nejlepší varianta z hlediska daného kritéria bude ta, která bude dosahovat nejmenší hodnoty.

Krok 2 - Stanovení preferencí kritérií

Výše uvedeným kritériím byly ve shodě s postupem navrženým v kapitole 6.4.3, přiřazeny priority vyjádřené pomocí veličiny určující jejich váhu. Byla použita bodovací metoda přiřazení váhy. Konkrétní hodnoty vah přiřazených jednotlivým kritériím jsou uvedeny v Příloze E v tabulce Tab. E.26. Souhrnně lze uvést, že kritériím týkajícím se defuzzifikovaných hodnot byla přiřazena nejvyšší priorita a u kritérií, která charakterizují míru neurčitosti doby trvání a nákladů, byla přiřazena mírně vyšší priorita kritériím vztahujícím se k době trvání než kritériím vztahujícím se k nákladům. Důvodem byla jednak potřeba částečně kompenzovat okolnost, že vzhledem k tomu, že doby trvání s nejvyšším stupněm možnosti jsou u všech variant stejné, neuplatní se při výběru mezi variantami první kritérium (*Krit₁*), které se týká defuzzifikované doby trvání, jednak důraz, který na včasné dokončení projektu kladl zákazník.

Detailnější analýzu a komentář ke způsobu přiřazení preferencí lze nalézt v Příloze E.

Krok 3 – Defuzzifikace

V souladu s postupem navrženým v kapitole 6.4.3 byla provedena defuzzifikaci dvou hlavních charakteristik projektu, tj. doby trvání projektu a projektových nákladů. Jako metoda defuzzifikace byla zvolena metoda středu maxima. Vzhledem k průběhu funkce příslušnosti těchto dvou fuzzy veličin u posuzovaných variant by však stejný výsledek daly i metoda největšího maxima a metoda nejmenšího maxima. Protože je doba trvání projektu, které je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, u všech variant stejná, uvažovala jsem o tom, zda by nebylo vhodnější použít jinou defuzzifikační metodu, která by více zohlednila průběh funkce příslušnosti a nedávala pro všechny varianty shodný výsledek. Takovou metodou je například metodu středu těžiště. Nakonec jsem však metodu ve větší míře zohledňující průběh funkce příslušnosti nepoužila, protože míra neurčitosti stanovení doby trvání (resp. nákladů), a tedy průběh funkce příslušnosti doby trvání projektu (resp. nákladů) je předmětem porovnání variant pomocí dalších kritérií (*Krit₃* a *Krit₄* pro dobu trvání, *Krit₅* a *Krit₆* pro náklady).

Defuzzifikované hodnoty obou veličin jsou pro všechny varianty uvedeny v Příloze E v tabulce Tab. E.27.

Krok 4 - Volba metody hodnocení variant

Pro vícekritériální hodnocení uvažovaných variant projektu jsem zvolila metodu váženého součtu, která umožňuje zohlednit různý „užitek“ plynoucí z rozdílných, navzájem obtížně porovnatelných hodnot jednotlivých posuzovaných veličin (doba trvání, náklady, šířky intervalů neurčitosti), pracuje s váhami jednotlivých kritérií a přitom je poměrně jednoduchá. Bližší informace ke způsobu využití této metody lze nalézt opět v Příloze E.

Krok 5 - Výběr nejlepší varianty

Metodou zvolenou v předchozím kroku jsme provedli vyhodnocení variant V_1 , V_3 , V_5 a V_7 . Stanovili jsme hodnoty všech kritérií pro jednotlivé varianty, hodnoty užtkové funkce a se započtením vah přiřazených jednotlivým kritériím určili výslednou hodnotu užtkové funkce pro každou variantu. V Příloze E lze jako obvykle nalézt detailní popis postupu a výsledky výpočtů.

Na základě zvolených kritérií byla jako nejlepší varianta řešení projektu vyhodnocena varianta V_3 . Patřila mezi dvě levnější varianty (V_1 a V_3), a vyznačovala se poměrně nízkou neurčitostí v očekávané době trvání projektu. V tomto směru sice byla nejlepší varianta V_7 , u které je neurčitost jak doby trvání, tak nákladů projektu nejnížší, nicméně její očekávané náklady jsou nejvyšší ze všech

variant a to ji posunulo na druhé místo. Výsledné pořadí variant od nejlepší k nejhorší bylo tedy V_3 , V_7 , V_1 a V_5 .

Poznatky získané v průběhu předchozích kroků byly před zahájením projektu prodiskutovány a bylo rozhodnuto, že při realizaci projektu bude opravdu zvolen postup popsany variantou V_3 . Při skutečné implementaci sice převažovaly doby trvání a s tím související náklady, které byly vyšší než ty, u nichž se předpokládal nejvyšší stupeň možnosti, celkově se však podařilo dodržet termíny i náklady, které byly u této varianty očekávané se stupněm možnosti 0,5. Realizace projektu přinesla samozřejmě řadu poznatků, které budu moci využít při plánování a řízení dalších projektů. Ale jak už bylo uvedeno dříve, cíl projektu byl splněn, byly dodrženy i všechny požadované termíny a celkově byl projekt hodnocen jako úspěšný.

Analýza průběhu a výsledků projektu leží mimo rámec této mé práce. Detailní příprava a rozbor alternativ možného vývoje projektu provedený před jeho zahájením však byly dobrým východiskem pro relativně klidný průběh projektu. Za přínosné pro tento projekt považuji především to, že díky aplikaci fuzzy přístupu a s využitím vztahů, které jsem odvodila v teoretické části své práce, bylo při plánování projektu možné

- pracovat současně s více alternativami, jak mohou jednotlivé činnosti projektu probíhat, a tyto alternativy ohodnotit stupněm možnosti,
- odhadnout, jaké lze očekávat doby trvání a jaké náklady projektu, a zjistit i míru (stupeň) možnosti, že projekt bude příslušnou dobu trvat nebo že bude při jeho realizaci potřeba příslušné náklady vynaložit,
- lépe předem odhalit hrozbu přetížení některého zdroje a zohlednit ji při plánování projektu, a to i v případě, že neměníme přiřazení zdrojů či termíny realizace činností,
- porovnat více variant průběhu projektu na základě různých kritérií a zohlednit i míru neurčitosti nevyhnutelně přítomnou při plánování jednotlivých variant projektu.

7. Výsledky

Ve své práci věnované problematice projektového managementu jsem se zaměřila na úlohy týkající se plánování a řízení projektů s cílem navrhnout metody a postupy, které by umožnily zohlednit v projektovém plánu neurčitost a přitom dovolily posuzovat očekávanou dobu trvání projektu a jeho náklady, plánovat zdroje a získat informace o možných rizicích jejich přetížení a současně poskytovaly možnost porovnat a posoudit různé varianty průběhu projektu a vybrat tu, která by podle zadaných kritérií byla pro realizaci projektu nejvhodnější. Smyslem těchto metod a postupů je nabídnout projektovému manažerovi při projektovém plánování a řízení podporu pro jeho rozhodování pokud možno v komplexní podobě, tj. týkající se současně časové a ekonomické stránky projektu i projektových zdrojů. Záměrem bylo poskytnout mu nejen informace, jaké by získal při použití klasických deterministických metod plánování, ale díky vícehodnotové fuzzy logice použité k popisu neurčitosti vstupních charakteristik projektu, i informace o možných alternativách a odchylkách v průběhu projektu, a to včetně ocenění stupně možnosti, s jakou mohou nastat.

V souvislosti s plněním cílů disertační práce jsem dosáhla následujících výsledků:

Hlavní cíl 1: *Navrhnout metodu umožňující posoudit plán projektu jak z časového, tak nákladového hlediska, která by umožnila zohlednit neurčitost v plánování dob trvání činností projektu a přitom určit, jaké lze očekávat doby trvání a jaké náklady projektu, a to včetně kvantifikace možnosti, že projekt bude příslušnou dobu trvat nebo že bude při jeho realizaci potřeba příslušné náklady vynaložit.*

Výsledek: V kapitole 6.2 jsem s využitím principů fuzzy teorie připravila teoretický základ pro metodu poskytující možnost zohlednit neurčitost ve stanovení dob trvání činností a nákladů spojených s realizací dané činnosti. Uvádím zde vztahy, které udávají, jaké jsou možné hodnoty celkové doby trvání projektu, a to včetně míry této možnosti. Odvodila jsem vztahy pro náklady projektu a jejich funkci příslušnosti, která udává stupeň možnosti, s jakým lze očekávat konkrétní hodnoty celkových projektových nákladů. Použití metody, která umožňuje posoudit projekt jak z hlediska jeho doby trvání, tak z hlediska jeho nákladů, jsem demonstrovala nejprve na jednoduchém modelovém příkladu (v rámci kapitoly 6.2) a následně i na příkladu reálného projektu, který je předmětem případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).

Hlavní cíl 1 byl tedy splněn.

Vedlejší cíl 1.1: *Využít principů fuzzy teorie a odvodit vztah pro funkci příslušnosti nákladů projektu.*

Výsledek: V kapitole 6.2.2 jsem odvodila vztahy pro funkci příslušnosti projektových nákladů. Způsob použití těchto vztahů prezentuji nejprve na jednoduchém modelovém

příkladu (v rámci kapitoly 6.2) a následně jsem je využila i při výpočtech v rámci případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).

Vedlejší cíl 1.1 byl také splněn.

Hlavní cíl 2: *Navrhnout metodu, která bude respektovat neurčitost při plánování práce projektových zdrojů a přitom umožní odhadnout čas, kdy budou jednotlivé projektové činnosti probíhat, a jaké je riziko, že dojde k tzv. přetížení projektového zdroje (tj. jaké je riziko, že zdroji bude na stejnou dobu přidělena účast na více činnostech).*

Výsledek: V kapitole 6.3 je připraven teoretický základ pro metodu umožňující pracovat s neurčitostí při plánování projektu i v oblasti plánování práce projektových zdrojů. Odvodila jsem zde potřebné vztahy, které udávají, s jakým stupněm možnosti bude v konkrétní době daná činnost probíhat, a jaká je tedy možnost, že zdroj přiřazený této činnosti bude v danou dobu vyčerpán. Rovněž je možné zjistit, jaké je riziko, že bude zdroj v konkrétní dobu plánován na více činností najednou, a že tak dojde k jeho tzv. přetížení. Použití metody demonstruji nejprve na jednoduchém modelovém příkladu (v rámci kapitoly 6.3) a následně i na reálném projektu, který je předmětem případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).

Hlavní cíl 2 byl tedy rovněž splněn.

Vedlejší cíl 2.1: *Využít principů fuzzy teorie a odvodit vztah pro funkci příslušnosti charakterizující možnost, že projektový zdroj bude v daném okamžiku vykonávat danou činnost.*

Výsledek: V kapitole 6.3.2 jsem odvodila vztahy pro funkci příslušnosti, která udává, s jakým stupněm možnosti bude v konkrétním čase zdroj pracovat na dané činnosti. Vztahy jsou aplikovány nejprve v jednoduchém modelovém příkladu (v rámci kapitoly 6.3) a následně jsou využity i při výpočtech v rámci případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).

Vedlejší cíl 2.1 byl tedy splněn.

Vedlejší cíl 2.2: *Využít principů fuzzy teorie a odvodit vztah pro funkci příslušnosti charakterizující riziko, že projektovému zdroji bude v daném okamžiku plánována práce na více činnostech najednou.*

Výsledek: V kapitole 6.3.3 jsem odvodila vztahy pro funkci příslušnosti, která udává, s jakým stupněm možnosti hrozí danému zdroji práce na dvou či více činnostech najednou. Vztahy jsem aplikovala nejprve v jednoduchém modelovém příkladu (v rámci

kapitoly 6.3) a následně využila i při výpočtech v rámci případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).

Také vedlejší cíl 2.2 byl splněn.

Nad rámec původního rozsahu hlavního cíle 2 a souvisejících vedlejších cílů jsem kromě situace, kdy jsou zdroje činností úplně zatíženy, diskutovala i otázku částečného zatížení zdrojů nějakou činností a v kapitole 6.3.4 jsem odvodila vztahy relevantní k tomuto případu.

Rovněž nad rámec hlavního cíle 2 a souvisejících vedlejších cílů jsem se zabývala řešením situace, kdy je po vyhodnocení zatížení zdrojů nezbytné posunout začátek některé činnosti, aby se eliminovalo riziko, že projektovému zdroji bude v daném okamžiku plánována práce na dvou nebo více činnostech najednou. V kapitole 6.3.6 jsem odvodila odpovídající vztahy pro potřebné posunutí začátku činnosti a pro jeho funkci příslušnosti. Odvozené vztahy byly využity i při výpočtech v rámci případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).

Hlavní cíl 3: *Navrhnout postup, který umožní porovnat a vyhodnotit různé varianty projektového plánu, jejichž hlavní charakteristiky – doba trvání projektu a projektové náklady – jsou popsány pomocí metody navržené dle hlavního cíle 1. Navržený postup by měl být prakticky využitelný při přípravě projektů implementace informačních systémů.*

Výsledek: Návrh postupu, který při plánování projektu umožní porovnat mezi sebou různé varianty projektového plánu, jejichž doba trvání a náklady jsou popsány pomocí fuzzy veličin v souladu s metodou navrženou v mé práci, je předmětem kapitoly 6.4, zejména pak její podkapitoly 6.4.4. Použití postupu demonstruji na příkladu projektu implementace informačního systému popisovaném v případové studii (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).
Hlavní cíl 3 byl tedy rovněž splněn.

Vedlejší cíl 3.1: *Ukázat použitelnost navržených metod a postupu na modelovém příkladu projektu.*

Výsledek: Zamýšlela jsem ověřit použitelnost metod a navrženého postupu pouze na modelovém příkladu projektu. Nakonec jsem však jejich použitelnost ověřovala při plánování reálného projektu implementace informačního systému. Charakter projektu, cíle, struktura i jeho hlavní parametry tak, jak jsou uvedeny v kapitole 6.4.5, jsou tedy reálné, při popisu tohoto projektu v práci byly vypuštěny pouze některé nepodstatné detaily.

Projekt byl naplánován s využitím navržených metod a uvedeným postupem byly připraveny a vyhodnoceny možné varianty plánu. Varianta, která byla tímto

postupem vybrána (s ohledem na stanovená kritéria) jako nejvhodnější pro realizaci, byla v praxi skutečně využita a projekt byl na jejím základě úspěšně realizován. Přispěl k tomu rozbor možného průběhu projektu, analýza přetížení zdrojů i posouzení variant provedené navrženým postupem.

V kapitole 6.4.5 je uveden stručný popis jednotlivých kroků a jejich hlavní výsledky, podrobnější popis k jednotlivým krokům postupu a detailní výsledky výpočtů lze nalézt v Příloze E.

Vzhledem k tomu, že šlo o skutečný plán implementace informačního systému a nejen o modelový případ projektu, byl vedlejší cíl 3.1 splněn ve větším rozsahu, než jaký byl původně zamýšlen.

Kromě splnění uvedených hlavních a vedlejších cílů měl výzkum provedený v mé práci také ověřit dvě pracovní hypotézy:

1. hypotéza: *Přestože při plánování projektu vycházíme pouze z odhadovaných možných dob trvání jednotlivých činností, lze odvodit vztahy, které poskytují více informace o zatížení a možných rizicích přetížení projektových zdrojů, než jaké máme k dispozici v případě deterministicky stanovených hodnot dob trvání.*

Výsledek: Při zadávání možných dob trvání pro každou činnost přiřazuje projektový manažer odhadovaným dobám trvání i stupeň možnosti, s jakým očekává, že činnost bude trvat danou dobu. Přitom hodnotám, které by používal při deterministickém způsobu plánování, přiřazuje nejvyšší stupeň možnosti (s hodnotou 1,0). Informace, které jsou předmětem deterministického plánování, jsou tedy při použití fuzzy přístupu rovněž zpracovávány. Navíc se však pracuje s hodnotami, u kterých se připouští, že mohou také nastat, ale s nižším stupněm možnosti. Pomocí metody navržené v mé práci lze na základě těchto informací určit, kdy může každá činnost probíhat a kdy tedy je možné, že bude činností zatížen projektový zdroj přiřazený této činnosti. V návaznosti na to lze stanovit, kdy hrozí, že zdroj bude zatížen dvěma nebo více činnostmi současně, tj. že bude přetížen. Protože se při všech výpočtech pracuje s kvantifikací možnosti (pomocí hodnot funkce příslušnosti), dostáváme i údaj o stupni možnosti, že dojde k přetížení zdroje.

V souhrnu tedy o možném přetížení zdroje získáme jak informaci, kterou by poskytl deterministický přístup (ta je ohodnocena nejvyšším stupněm možnosti s hodnotou 1,0), tak novou, doplňující informaci o hrozícím přetížení, které je přiřazen stupeň možnosti (s hodnotou nižší než 1,0) udávající míru rizika, že dojde k tomuto přetížení zdroje. Tímto způsobem poskytuje metoda, kterou jsem navrhla ve své práci, možnost odhalit i ta

hrozící rizika přetížení, na která klasický deterministický přístup k plánování projektu neupozorní.

Tuto skutečnost lze dokumentovat na modelovém příkladu uvedeném v kapitole 6.3, i na projektu, který je předmětem případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E), kde navržený postup reálně přispěl k tomu, že se podařilo včas zjistit a eliminovat hrozící riziko přetížení jednoho zdroje, jež by při použití klasického deterministického přístupu nebylo odhaleno.

Ve své práci jsem tedy ukázala, že 1. hypotéza je pravdivá.

2. hypotéza: *Nechť při porovnávání variant projektového plánu jsou jejich hlavní charakteristiky (tj. doba trvání projektu a projektové náklady) popsány v souladu s principy fuzzy teorie pomocí fuzzy veličin s odpovídajícími funkcemi příslušnosti. Jestliže provedeme v nějakém kroku defuzzifikaci těchto veličin, nutně ztrácíme informaci o míře neurčitosti hodnot těchto veličin a nemůžeme nadále tuto neurčitost při vyhodnocování variant zohlednit a využít.*

Výsledek: Ve své práci (viz kapitola 6.4.4) jsem navrhla postup, který umožňuje na základě zvolených kritérií porovnat a vyhodnotit varianty projektového plánu popsané s využitím fuzzy teorie (pomocí metody navržené v kapitole 6.2). Ve fázi posuzování a vyhodnocování variant se v třetím kroku provádí defuzzifikace celkové doby trvání a celkových nákladů projektu. Tento krok sice přispívá k zjednodušení výpočtů, které bylo motivováno snahou, aby navrhovaný postup neznamenal zbytečné navýšení pracnosti a nákladů projektu, na druhé straně při defuzzifikaci přicházíme o část informace týkající se neurčitosti defuzzifikované veličiny. Informace týkající se neurčitosti obsažené v plánu projektu a charakterizující míru rizika, že se projekt odchýlí od deterministicky popsaného plánu, je však pro posouzení možných variant projektového plánu důležitá. Proto navrhuji ve svém postupu (viz kapitola 6.4.3) doplnit kritéria pro posuzování variant tak, aby bylo možné míru neurčitosti při hodnocení variant zohlednit a pracovat s ní. Ukázka toho, jak je možné i po provedené defuzzifikaci pracovat s neurčitostí při porovnávání variant plánu, je také součástí případové studie (viz kapitola 6.4.5 a Příloha E).

Ve své práci tedy ukazuji, že 2. hypotéza pravdivá není.

8. Přínosy práce

Projektové řízení je dnes běžnou součástí řídicí práce. Používání projektů jako formy pro řešení rozsáhlejších úkolů vyvolává trvalou potřebu zdokonalovat používané metody tak, aby umožnily efektivně postihnout parametry, zákonitosti a souvislosti týkající se projektu a prostředí, ve kterém se projekt realizuje, a usnadnily řešení problémů, s nimiž se projektový management musí vypořádat. Proto je stále aktuální výzkum nových metod a postupů pro podporu plánování a řízení projektů a souvisejícího rozhodování.

Principiální charakteristikou každého projektu je neurčitost, se kterou by proto moderní metody plánování projektu měly umět pracovat. Některé používané metody se snaží postihnout neurčitost využitím statistických nástrojů, nicméně u unikátního projektu může být problematické získat dostatek podkladů pro statistické vyhodnocení a správnou volbu statistického modelu. V těchto případech se jeví jako vhodnější využít pro popis neurčitosti možností, které nabízí teorie fuzzy množin a fuzzy logiky. Provedená rešerše literatury však ukázala, že se výzkumné práce vycházejících z poznatků fuzzy teorie obvykle orientují buď jen na jednu ze základních dimenzí projektového plánování (doba trvání – náklady – zdroje), nebo na kombinaci pouze dvou z nich, a že ve většině případů brání složitost použitých postupů nebo speciální omezující podmínky jejich širšímu praktickému využití. Ve své disertační práci jsem se proto zaměřila na výzkum metod využívajících fuzzy přístup k popisu neurčitosti, které by při respektování neurčitosti vstupních parametrů a unikátnosti projektu umožnily postihnout neurčitost současně ve všech třech základních projektových dimenzích s tím, že by používaly jednotný přístup ke zpracování údajů jak v oblasti plánování doby trvání projektu, tak souvisejících nákladů, tak i nasazení zdrojů. Současně jsem navrhla postup, jak zpracovat informace o možném variantním průběhu projektu a na jejich základě posoudit a vyhodnotit vhodnost různých variant projektového plánu. Mým záměrem přitom bylo, aby navrhované metody i postup byly při plánování projektu prakticky použitelné.

Fuzzy přístup, který jsem využila k modelování neurčitosti při plánování projektu, rozšiřuje dostupné informace o jeho možném průběhu. Díky němu lze doplnit předpokládaný průběh plánovaného projektu, se kterým pracují klasické deterministické metody, o možné odchylky od tohoto průběhu, a to včetně kvantifikace možnosti, s jakou k odchylce může dojít. Tyto informace jsou užitečné zejména při rozhodování – kterým činností či kterému zdroji věnovat zvýšenou pozornost, kde je třeba přijmout nějaké preventivní opatření, či jakou variantu řešení zvolit v případě, že existuje více možných způsobů řešení.

Jak už bylo řečeno, ve své disertační práci navrhuji způsob, jak s využitím fuzzy přístupu pracovat s neurčitostí při plánování projektu ve všech třech základních rovinách projektu (čas, náklady, zdroje). I když mohou být navržené postupy obecně využity při plánování různých typů projektů, z praktického důvodu jsem se v souladu s vytčenými cíli zaměřila na projekty z oblasti implementace

informačních systémů. Tato volba vyplynula i z mého profesního zaměření, protože jako projektový manažer softwarové společnosti mohu v praxi ověřit a využít výsledky své práce.

V první části své práce jsem navrhla metodu, která umožňuje na základě odhadnutých možných dob trvání činností a jim příslušných nákladů stanovit, jaké jsou možné celkové doby trvání projektu a celkové projektové náklady včetně kvantifikace možnosti, s jakou lze příslušné hodnoty doby trvání, resp. nákladů projektu očekávat. Při návrhu metody jsem vyšla ze standardně používaných vztahů pro dobu trvání projektu a doplnila je o vztahy, které jsem odvodila pro náklady projektu. Metoda tak umožní posoudit plánovaný projekt jak z časového, tak nákladového hlediska. Tím, že poskytuje informaci o míře možnosti, s jakou mohou jednotlivé hodnoty doby trvání a nákladů při realizaci projektu nastat, dává metoda projektovému manažerovi předem podklady pro posouzení, zda takto plánovaný projekt odpovídá požadavkům, které jsou na projekt kladeny, resp. jak velké je riziko, že projekt v některém ohledu (čas, náklady) tyto požadavky nesplní. V případě potřeby má tak projektový manažer možnost provést před zahájením projektu úpravy projektového plánu a vyhodnotit, zda se provedené úpravy projeví očekávaným způsobem – znovu s kvantifikací možnosti, s jakou projektový čas a náklady mohou nabývat hodnot, které byly vypočteny po provedených úpravách plánu.

V další části své práce jsem se zaměřila na plánování nasazení projektových zdrojů. Odvodila jsem vztahy pro funkce příslušnosti času zahájení a času ukončení jednotlivých činností, z nichž se projekt skládá, funkce příslušnosti udávající stupeň možnosti, že nějaká konkrétní činnost bude v daném okamžiku probíhat, a funkce příslušnosti udávající stupeň možnosti, že konkrétní zdroj bude v určitém časovém okamžiku pracovat na konkrétní činnosti. Přitom byl rozebírán jak způsob řešení případu, kdy je zdroj nějakou činností plně vytížen, a nemůže tedy z kapacitních důvodů v stejném časovém intervalu vykonávat další činnost, tak i případu, kde je akceptovatelné částečné zatížení zdroje několika činnostmi souběžně. Dále jsem odvodila vztahy pro funkci příslušnosti celkového zatížení zdroje, která udává, s jakým stupněm možnosti bude určitý zdroj v konkrétním časovém okamžiku pracovat, tj. s jakým stupněm možnosti bude zdroj alokován alespoň k jedné činnosti. Též jsem odvodila vztahy pro funkci příslušnosti přetížení zdroje udávající, s jakým stupněm možnosti bude zdroj zatížen určitým počtem činností najednou, a to jak v případě úplného vytížení zdroje každou jednotlivou činností, tak v případě částečného vytížení zdroje jednotlivými činnostmi.

Protože odvozené vztahy pro funkci příslušnosti přetížení zdrojů poskytují současně i informaci o míře rizika tohoto přetížení v určitém časovém okamžiku, mohou dobře sloužit jako podklad pro to, aby mohl projektový manažer včas rozhodnout, zda je vhodné či nutné provést úpravy přiřazení zdrojů jednotlivým činnostem nebo úpravy časového harmonogramu projektu, a po provedeném přeplánování jednotlivých činností následně posoudit, zda je míra rizika přetížení zdrojů již akceptovatelná.

Tím, že nová metoda udává ke každému kvantitativnímu ukazateli i informaci o míře rizika, s jakým může konkrétní situace nastat, poskytuje mnohem plastičtější obraz o možném vývoji a lepší

podklady pro rozhodování. Ukazuje se, že v některých případech dává tato metoda natolik kvalitativně lepší informace ve srovnání s klasickým deterministickým přístupem, že by rozhodnutí učiněná pouze na základě informací, jež jsou k dispozici při deterministickém přístupu, vedla k závažným komplikacím při realizaci konkrétního projektu.

Ve své disertační práci jsem se věnovala i problému časového přeplánování činností projektu a odvodila vztahy pro potřebné posunutí začátku činnosti a pro jeho funkci příslušnosti. Tyto vztahy dávají možnost zapracovat do plánu posun začátku některé činnosti jak v situaci, kdy se činnost časově překrývá s nějakou jinou činností s jistotou, tak v situaci, kdy riziko, že dojde k časovému překryvu dvou činností, má jen nižší stupeň možnosti. Toto riziko, na které by klasický deterministický přístup neupozornil, není vždy třeba řešit skutečným posunem plánovaného začátku činnosti. Díky vztahům, které jsem odvodila, lze však přesto toto riziko v projektovém plánu zohlednit. Plán pak bude reflektovat možnost, že hrozí časové překrytí obou činností a že v souvislosti s tím může dojít k příslušnému odsunutí druhé činnosti v čase. Projektový manažer tak bude mít k dispozici relevantnější informaci o možném průběhu projektu, než jakou by získal klasickým deterministickým způsobem.

Dále jsem se věnovala tomu, jak využít navržené metody při plánování projektu a při posuzování různých variant projektového plánu s cílem nalézt variantu, jež by nejlépe vyhovovala zadání a požadavkům projektu. Protože jde o přípravu podkladů pro rozhodnutí projektového manažera, bylo mým záměrem, aby byl navrhovaný postup prakticky využitelný při přípravě projektů a nezatěžoval etapu plánování projektu složitými a časově náročnými výpočty a aby byl s využitím přiměřených metod schopný poskytnout relevantní obraz a hodnocení plánu projektu. Ve své práci jsem takový postup navrhla a popsala jednotlivé kroky, jak připravit s pomocí dříve odvozených metod potřebné údaje pro plán projektu. Pro případ, kdy existuje více variant projektového plánu, obsahuje navržený postup kroky, jak lze tyto varianty kvantitativně porovnat s využitím předem zvolených kritérií se zadanými prioritami (vahami). Součástí navrhovaného postupu při posuzování variant je také krok, ve kterém se provádí defuzzifikace hlavních charakteristik projektu (tj. celkové doby trvání a nákladů projektu). Ten přispívá k zjednodušení prováděných výpočtů. Díky doplňujícím kritériím, jejichž příklady ve své práci navrhuji, je však při posuzování a vyhodnocování variant i nadále možné zohlednit informace týkající se neurčitosti v projektovém plánu variant. Která varianta bude navrženým postupem nakonec vyhodnocena jako nejvhodnější pro realizaci, závisí na zvolených kritériích a jejich prioritách, tj. vahách, které jednotlivým kritériím přiřadíme. To je předností navrhovaného postupu, protože při volbě kritérií a jejich priorit může projektový manažer zohlednit požadavky a preference vyplývající ze zadání konkrétního řešeného projektu a promítnout do procesu výběru varianty to, co je pro daný projekt důležité. Na projektovém manažerovi bude také vždy záležet konečné rozhodnutí, jakým způsobem se bude projekt realizovat. Smyslem navrženého postupu, není zodpovědnou práci projektového manažera nahradit, ale poskytnout mu pro ni relevantní informace, o které by mohl opřít svá rozhodnutí.

Teoreticky odvozené vztahy jsem nejprve ověřovala na jednoduchých modelových příkladech projektů, které dobře ilustrují způsob a možnosti jejich použití a současně ukazují přínosy navržené metody. Na modelových příkladech jsou rovněž názorně demonstrovány přínosy metody plánování s využitím příslušných fuzzy veličin ve srovnání s deterministickým přístupem k plánování. V poslední části své práce, kterou je případová studie plánu projektu, jsem pak ověřovala použitelnost navržených metod a postupu na reálném projektu implementace informačního systému, který jsem připravovala. V práci jsou u tohoto projektu dokumentovány jednotlivé kroky navrženého postupu. Jsou zde uvedeny požadavky na projekt a jeho základní vymezení a cíle, vstupní data, struktura projektu, je komentován postup výpočtů a v tabulkách a prostřednictvím obrázků a grafů prezentovány výsledky výpočtů. Při plánování projektu jsem zvažovala několik možných variant jeho realizace. Pomocí metod navržených v mé práci jsem pro tyto varianty stanovila možné doby trvání projektu, související možné náklady a zkoumala riziko přetížení zdrojů. Díky navržené metodě jsem mohla včas odhalit a reagovat na hrozící riziko přetížení jednoho zdroje, jež bych při použití klasického deterministického přístupu nezjistila. Riziko časového překryvu příslušných činností nemělo totiž přiřazen stupeň možnosti s hodnotou 1,0, která odpovídá deterministickému přístupu. Protože však stupeň možnosti odpovídající tomuto riziku byl poměrně vysoký (nabýval hodnot až 0,8) a protože se jednalo o důležité činnosti, které mohly ovlivnit délku trvání projektu, řešila jsem, jak toto riziko eliminovat. Zvažovala jsem možnost doplnění nového zdroje a možnost připustit riziko, že se celková doba trvání projektu může prodloužit. Pro tuto druhou možnost jsem využila odvozeného vztahu pro možné posunutí začátku činnosti a provedla odpovídající úpravu plánu. Nakonec jsem na základě předem zvolených kritérií a jim přiřazených vah vyhodnotila navrženým postupem posuzované varianty plánu. Postup mi umožnil porovnat varianty mezi sebou nejen na základě hodnot hlavních ukazatelů, které měly největší stupeň možnosti, že takto daná varianta proběhne (tyto hodnoty by poskytlo i deterministické plánování projektu), ale mohla jsem při posuzování variant zohlednit i míru neurčitosti, která by provázela realizaci každé varianty, a tedy i míru rizika, že nastane odchylka od hodnot odpovídajících deterministickému způsobu plánování. Varianta, která byla takto s ohledem na stanovená kritéria určena jako nejvhodnější pro realizaci, byla při implementaci skutečně využita. Realizovaný projekt byl úspěšný a přispěl k tomu i rozbor možného průběhu projektu provedený navrženým postupem.

Abychom ověřili, jak moc závisí výsledky navrhované metody na přesnosti odhadu doby trvání jednotlivých činností, který provádí projektový manažer při plánování projektu, je vhodné uvážit, jak jsou navrhované metody citlivé na změnu vstupních hodnot. To umožní posoudit, jak se na výsledcích metod projeví malá změna ve vstupních údajích, tj. v dobách trvání a jim přiřazených stupních možnosti. Změna v době trvání činnosti může mít dopad na dobu trvání cesty, jíž je činnost součástí. S ohledem na způsob výpočtu výsledné doby trvání cesty (podrobněji viz kapitola 6.2.1) však tento dopad může být nejvýše tak velký, jak velká je vstupní změna. S rostoucím stupněm možnosti, s jakým se cesta, v níž je tato činnost zařazena, může stát kritickou, narůstá i riziko, že se změna v trvání činnosti projeví i na

době trvání projektu. Nicméně odchylka ve výsledné době trvání projektu nemůže být větší, než odchylka nejdelsí cesty, a tedy než vstupní odchylka v odhadu trvání činnosti. Uvažujme nyní změnu ve stupni možnosti, který přiřadí manažer některé hodnotě doby trvání činnosti. Vzhledem ke způsobu výpočtu funkce příslušnosti (podrobněji opět viz kapitola 6.2.1), ve kterém se objevují pouze funkce minimum a maximum (resp. supremum), se však odchylka v hodnotě stupně možnosti u doby trvání činnosti může v nejhorším případě projevit jako stejně velká odchylka přiřazená některé výsledné době trvání příslušné cesty i celého projektu. Podobným způsobem lze ukázat, že analogicky se projeví odchylka ve vstupních údajích i u výpočtu nákladů projektu a u plánování činnosti zdrojů. Celkově lze tedy konstatovat, že navržená metoda je ve vztahu k malým změnám vstupních údajů robustní.

Metody a postupy, které jsou předmětem mé práce, jsou navrženy tak, aby je bylo možné aplikovat na jednoduché, středně složité i komplikované projekty. U jednoduchých projektů je však třeba na základě konkrétní situace posoudit, zda jsou informace, které může navrhovaný postup poskytnout navíc, pro plánování projektu opravdu potřebné, nebo jen komplikujícím a nepřiměřeným formalismem. U velmi složitých projektů naopak bude vhodné neplánovat projekt jako jeden veliký celek popsáný do nejmenšího detailu, ale provádět plánování takového velkého projektu víceúrovňově – tedy na nejvyšší úrovni uvažovat celý projekt jako posloupnost etap a pak podle potřeby řešit samostatně jednotlivé etapy jako dílčí projekty, případně totéž zopakovat ještě jednou na nižší úrovni pro části těchto dílčích projektů. Při tomto postupu máme možnost pracovat v každém kroku s (dílčím) projektem, který nebude příliš komplikovaný, jeho plán bude přehledný a bude možné lépe specifikovat jeho jednotlivé vstupy i výstupy a činnosti (skupiny činností, resp. etapy), na které ho rozložíme, a sledovat jejich vzájemné návaznosti i zdroje, resp. skupiny zdrojů potřebné k jejich realizaci.

9. Závěr a náměty pro navazující výzkum

Již mnoho let pracuji na pozici projektového manažera v softwarové společnosti, která vyvíjí a implementuje informační systémy. Při své práci často narážím na problém neurčitosti a nahodilosti, se kterým se plánování a řízení projektu obtížně vypořádává. Motivací pro můj výzkum byly i diskuse o problémech projektového plánování s dalšími projektovými manažery z jiných společností a fakt, že jsem ani při studiu odborné literatury nenašla pro některé tyto problémy a požadavky uspokojivé řešení. Má disertační práce nepředstavuje tedy pouze akademickou studii, ale potřeba výzkumu, na který jsem se zaměřila, vyplynula z praxe. Mým záměrem bylo, aby výsledky mé práce byly prakticky použitelné.

Ve své disertační práci jsem se věnovala výzkumu možností, jak pracovat při plánování a řízení projektu s neurčitostí, která je z principu součástí každého plánování projektu. Zkoumala jsem, zda by bylo možné do plánu zahrnout neurčitost, s jakou jsme schopni predikovat dobu trvání jednotlivých činností, a přitom zjistit, jak dlouho může projekt trvat a jaké budou projektové náklady. Hledala jsem metodu, která by umožnila pracovat s touto neurčitostí a současně plánovat zdroje a získat informace o možných rizicích jejich přetížení. A v neposlední řadě jsem se snažila najít způsob jak porovnat a posoudit různé varianty projektu a vybrat tu, která by byla podle zadaných kritérií pro realizaci projektu nejvhodnější.

Za teoretické východisko umožňující zohlednit neurčitost v projektovém plánu jsem zvolila teorii fuzzy množin a fuzzy logiky, která dovoluje pracovat s vágními vstupními informacemi, aniž by vyžadovala (obvykle nedostupnou) znalost relevantních statistických dat, jako tomu je u metod založených na pravděpodobnostních modelech. Ve své práci jsem navrhla metody, které doplňují existující postupy využívající principy fuzzy teorie při plánování projektů. Pro navržené metody jsem odvodila potřebné teoretické vztahy. Způsob použití navržených metod jsem nejprve dokumentovala na jednoduchých modelových příkladech a nakonec ověřila v rámci případové studie při plánování reálného projektu implementace informačního systému.

Ve své práci jsem popsala konzistentní způsob, jak s využitím fuzzy přístupu pracovat s neurčitostí při plánování projektu ve všech třech základních projektových dimenzích (čas – náklady – zdroje). Navrhla jsem metodu umožňující zohlednit neurčitost při plánování jednotlivých činností a přitom posuzovat plán projektu současně jak z časového, tak nákladového hlediska. Pro tuto metodu jsem odvodila potřebné vztahy pro celkové náklady projektu a jejich funkci příslušnosti. Dále jsem navrhla metodu, která respektuje neurčitost při plánování práce projektových zdrojů a současně umožní odhadnout čas, kdy budou jednotlivé projektové činnosti probíhat, a jaké je riziko, že bude některému zdroji na stejnou dobu přidělena práce na více činnostech. Pro tuto metodu jsem odvodila potřebné vztahy popisující možnost, že bude projektový zdroj v nějakém okamžiku pracovat na dané činnosti, vztahy charakterizující riziko tzv. přetížení zdroje, kdy je mu plánována činnost na více činnostech najednou, a některé další vztahy týkající se úplného i částečného zatížení zdrojů. Odvodila jsem také

vztah umožňující provést v plánu nezbytné přeplánování činností tak, aby se zohlednilo a eliminovalo riziko přetížení některého zdroje. Ve své práci jsem rovněž navrhla postup, který s využitím uvedených metod umožní porovnat různé varianty projektového plánu a na základě předem zvolených kritérií a jim přiřazených vah stanovit, která varianta je s ohledem na stanovená kritéria nejvhodnější pro realizaci projektu. Navržené metody i postup vyhodnocení variant jsem využila při plánování reálného projektu implementace informačního systému. Na tomto projektu, který je předmětem případové studie zahrnuté rovněž do mé disertační práce, jsem ověřila použitelnost navržených metod a postupu v praxi.

Výhodou navržených metod je, že při plánování projektu vyžadují jen relativně jednoduché vstupní informace, týkající se odhadů dob trvání činností s přiřazeným stupněm možnosti, s jakým lze očekávat, že činnost bude danou dobu trvat, s přiřazeným způsobem výpočtu nákladů a zdrojem (nebo zdroji), který bude tuto činnost realizovat. Při odhadech je samozřejmě výhodné, má-li projektový manažer zkušenosti z podobného typu projektu. Nicméně je možné pracovat skutečně jen s přibližnými odhady, protože navržené metody nejsou citlivé na malé změny vstupních údajů. Doby trvání mohou být zadány celými čísly v časové jednotce, která je přiměřená plánovanému projektu. Není vyžadován žádný speciální průběh funkce příslušnosti popisující dobu trvání činnosti. Na zadané možné doby trvání činnosti nejsou tedy kladena žádná omezení, doby mohou nabývat různých hodnot a reflektovat i skutečnost, která se v praxi běžně objevuje, že činnost bude buď dokončena do nějaké doby, nebo až po určité době poté, kdy zdroj bude po jistou dobu nedostupný. Metody pracují s neurčitostí na úrovni činností, ale umožňují přesto stanovit, jaké lze očekávat možné doby trvání a jaké náklady celého projektu, a zjistit stupeň možnosti, že projekt bude příslušnou dobu trvat nebo že bude při jeho realizaci potřeba příslušné náklady vynaložit. Je možné předem odhalit hrozbu přetížení některého zdroje a zohlednit ji při plánování projektu, a to i v případě, že neměníme přiřazení zdrojů či termíny realizace činností. Ve srovnání s deterministickým přístupem k plánování umožňují odhalit i taková rizika přetížení zdrojů, která vyplývají z možného prodloužení předchozích činností a která by deterministický přístup neukázal. Metody umožňují pracovat současně s více alternativami, jak mohou jednotlivé činnosti projektu probíhat, a tyto alternativy ohodnotit stupněm možnosti. Navrženým postupem je možné porovnat více variant průběhu projektu na základě zvolených kritérií. Těmto kritériím lze přiřadit různé váhy, a zohlednit tak podmínky a požadavky konkrétního projektu. Kritéria mohou zohledňovat i míru neurčitosti spojenou s posuzovanými variantami, a tedy riziko, že při realizaci dojde k odchylkám od plánu, který by byl připraven deterministickým způsobem. Předností navrženého postupu je i to, že prováděné výpočty nejsou složité a ve srovnání s přípravou plánu deterministickým způsobem nepředstavují větší nárůst práce.

Za logické pokračování své práce považuji přípravu softwarové aplikace, která by sjednotila všechny výpočty prováděné v rámci navrženého postupu do uživatelsky jednotného prostředí a poskytla projektovému manažerovi potřebnou softwarovou podporu navrženého postupu. Aplikace by měla umožnit zadat vstupní data týkající se projektu, jednotlivých činností, nákladů a zdrojů a pak provést

uživatele (tedy projektového manažera) jednotlivými kroky navrženého postupu. Tato aplikace by měla zobrazovat příslušné výsledky dílčích kroků, například možné doby trvání jednotlivých cest projektu a stupeň možnosti, že se stanou kritickou cestou, nebo znázornit využití zdrojů v průběhu projektu a zejména hrozící rizika jejich přetížení. Měla by také umožňovat zadání vstupů odpovídajících učiněným potřebným rozhodnutím v některém kroku a samozřejmě numericky i graficky zobrazovat celkové výsledky, tedy zejména průběh jednotlivých variant a výsledky jejich vyhodnocení. Předpokládám, že veškerá data, se kterými by tato aplikace pracovala, tedy vstupní údaje, výsledky průběžných výpočtů i celkové výsledky, by byla uložena v databázi. Bylo by také jistě přínosné, kdyby tato aplikace umožňovala přebírat vstupní údaje ze standardních softwarových produktů používaných při plánování projektu, tj. např. z programu Microsoft Project, který patří přinejmenším v České republice k nejpoužívanějším softwarovým aplikacím pro plánování a řízení projektu – viz např. (Tisková zpráva, 2013). Důležité by bylo i spojení plánu projektu s kalendářem, aby bylo možné respektovat přímo v plánu různá termínovaná omezení, tedy nejen svátky a dovolené, ale zejména termíny požadované v zadání projektu nebo různé plánované odstávky či další omezení.

V teoretické části práce by podle mého názoru mohl výzkum pokračovat kvantitativním porovnáním posuzovaných variant charakterizovaných pomocí fuzzy veličin. Za východisko pro tento výzkum by mohly posloužit vztahy, které jsem odvodila v kapitole 6.4.1. Porovnávání vícerozměrných fuzzy veličin obecně představuje složitý problém, mohlo by však být přínosné hledat některá rozumná omezení či zjednodušení, která by potřebné výpočty usnadnila. Bylo by pak možné při vzájemném porovnávání variant mezi sebou stanovit, s jakým stupněm možnosti se varianta může stát nejlepší variantou na základě zadaných kritérií (podobným způsobem, jako když porovnáváme cesty v projektu a určujeme stupeň možnosti, s jakým se cesta může stát kritickou). Tyto informace by mohly být užitečné při konečném rozhodování projektového manažera, kterou variantu použije, a mohly by sloužit i k posouzení vlivu zvolených kritérií na výběr nejvhodnější varianty pro realizaci projektu.

Dále by bylo užitečné rozšířit uvažované typy závislostí mezi činnostmi a kromě typu, kdy podmínkou pro zahájení navazující činnosti je dokončení všech předcházejících činností, uvažovat i další typy závislostí, např. typ, kdy podmínkou je dokončení alespoň jedné předcházející činnosti. Pro tyto typy by bylo potřeba provést revizi a případnou úpravu relevantních vztahů.

Bylo by rovněž vhodné zabývat se tím, jak stanovit, které činnosti přispívají největší měrou k neurčitosti dané varianty plánu. Znalost těchto činností by umožnila projektovému manažerovi věnovat jim při řízení projektu zvýšenou pozornost, a zabránit tak nežádoucímu prodloužení projektu nebo navýšení projektových nákladů.

10. Rejstřík

Alokace zdroje	31, 45, 46-49 , 51, 54, 64, 72, 101, 119
Blok činností	48 , 49, 53-57, 59, 119
Cesta.....	32 , 33, 36-41, 60, 104, 119 , 131 , 133 , 157, 162, 164, 172, 173, 178, 179, 184
Doba trvání.....	32, 33, 39, 41, 60, 104, 122
Kritická cesta.....	14, 15, 27, 37, 39, 42, 104, 122, 133 , 158, 166, 174, 180
Rezerva.....	33, 133
Činnost	119 , 120-124, 130-133, 140, 141, 144, 185, 186, 190
Doba trvání.....	12-16, 19, 24, 32, 34, 36, 39, 45, 46, 50, 71, 85, 104, 120 , 130, 133
Fiktivní činnost.....	34, 59, 122, 131, 153-155, 162, 164, 170
Náklady	27, 34, 36, 41, 71, 83, 85, 119, 122
Defuzzifikace	8, 17, 19, 20, 25, 28, 65-68, 74, 91-93, 137 , 186, 187, 191
Funkce příslušnosti.....	15, 21, 24, 25, 32-41, 46, 48-54, 57-65, 83-93, 121, 124, 134 , 135, 137
Fuzzy číslo	20, 136
Fuzzy interval.....	136
Fuzzy množina	7, 12-14, 24, 28, 61, 62, 100, 105, 122, 134 , 1367
Průnik	134
Rovnost	134
Sjednocení	134
Fuzzy veličina	14, 15, 25, 28, 32-34, 38, 46-49, 59, 61-67, 71, 72, 76, 93, 121, 134
Fuzzy součet.....	32, 34, 46, 135
Lichoběžníková	135
Trojúhelníková	135
Typu L-R.....	135
Uspořádání	14, 32, 61, 136 , 137
α -řez.....	21, 136
Harmonogram	49, 54, 101, 120, 121 , 123, 141, 142
Metoda CPM	27, 119, 122, 130, 133
Metoda defuzzifikace	137 , 187
Metoda levé meze maxima.....	137
Metoda pravé meze maxima	138
Metoda síťové analýzy	131
Metoda středu maxima	137
Metoda těžiště	137
Metoda váženého součtu	67, 93, 188
Metody síťové analýzy.....	12, 27, 130
Projekt	5-8, 10-23, 30, 32-47, 49-59, 61-78, 83-99, 100-122, 123 , 139-150, 152-190
Dimenze	8, 10, 100
Doba trvání.....	8, 11, 14-17, 20, 24-31, 32 , 33, 37-43, 58, 65-67, 72, 74, 86, 87, 104, 120 , 133
Náklady	10, 16, 19, 21, 24, 28-33, 34 , 38, 65-67, 72, 74, 76, 78, 86, 122 , 123
Projektový management.....	5-8, 10 , 12, 13, 20, 27, 45, 123
Dimenze	30, 44
Projektový manažer.....	6-11, 22-24, 30, 45, 57, 59, 63-68, 71, 74, 75, 95, 106, 120, 122, 123
Stupeň možnosti	15, 19, 32, 33-49, 52-59, 66, 84, 86, 87, 90, 91, 93, 94, 124
Teorie grafů.....	131
Graf struktury projektu.....	132
Hranově ohodnocený graf.....	131
Konečný orientovaný graf.....	131
Síťový graf	131
Souvislý graf	132
Uzlově ohodnocený graf	131

Varianta	5, 35, 39, 41-44, 61-67, 72-79, 80-82, 86, 90, 91, 93, 98, 124 , 138-187
Doba trvání.....	61, 89, 90, 91, 93, 124 , 154-184
Náklady	38, 40, 42, 44, 61, 64, 87, 88, 89, 90-93, 124, 154-184
Zdroj.....	5-8, 10, 11 , 12, 13, 16-24, 27-31, 44-59, 64, 68-72, 83-85, 94, 119, 124 , 148-150
Přetížení.....	6, 24, 44-48, 49 , 53-60, 72, 77, 84, 85, 94, 119, 124 , 152-155, 164-169, 190
Zatížení.....	20, 25, 47, 48 , 49, 50, 53-59, 84, 119, 124 , 151-153
Zatížení částečné	47, 49 , 59, 97, 101, 106, 124
Zatížení úplné.....	47, 49 , 50, 59, 97, 101, 106, 124

11. Bibliografie

- Abdolshah, M. 2014.** A Review of Resource-Constrained Project Scheduling Problems (RCPSP) Approaches and Solutions. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 10. 2014, Sv. 5, 4, stránky 253-286.
- Al-Fawaz, K., Al-Salti, Z. a Eldabi, T. 2008.** Critical Success Factors in ERP Implementation: A Review. *European and Mediterranean Conference on Information Systems*. 2008, May 25-26, stránky 1-9.
- Arazimová, M. 2012.** Průzkum SPŘ. *Společnost pro projektové řízení Česká republika*. [Online] 24. 7. 2012. [Citace: 5. 5. 2013.]
http://www.cspr.cz/images/stories/Tiskove_zpravy/120724_TZ_SPR_Pruzkum_PM.pdf .
- Bellman, R.E. a Zadeh, L.A. 1970.** Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*. 1970, Sv. 17, stránky 141–164.
- Bojadziew, G. a Bojadziew, M. 2007.** Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management. *Advances in Fuzzy Systems - Applications and Theory*, Sv. 23.
- Boussabaine, A.H. a Elhag , T. 1999.** Applying fuzzy techniques to cash flow analysis. *Construction Management and Economics*. 1999, Sv. 17, 6.
- Brožová, H., Houška, M., a Šubrt, T. 2003.** *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: ČZU.
- Demeulemeester, E.L. a Herroelen, W.S. 2002.** *Project scheduling: a research handbook*. Norwell, Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN:1-40207-051-9.
- Dubois, D., Fargier, H. a Galvagnon, V. 2003.** On latest starting times and floats in activity networks with ill-known durations. *European Journal of Operational Research*. 2003, Sv. 147, 2, stránky 266-280.
- Dubois, D., Prade, H. 1980.** *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*. New York, USA: Academic Press, Inc., 1980.
- Dubois, D.; Prade, H. 2000.** *Fundamentals of fuzzy sets*. 1.vyd. Norwell, Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000. str. 653. ISBN: 0-7923-7732-X.
- Elizabeth, S. a Sujatha, L. 2015.** Project Scheduling Method Using Triangular Intuitionistic Fuzzy Numbers and Triangular Fuzzy Numbers. *Applied Mathematical Sciences*. 2015, Sv. 9, 4, stránky 185-198.
- e Silva, L.C. a Costa, A.P.C.S. 2013.** Decision model for allocating human resources in information system projects. *International Journal of Project Management*. 2013, Sv. 31, stránky 100-108.
- Fiala, P., Jablonský, J., a Mañas, M. 1997.** *Vícekriteriální rozhodování*. Praha: VŠE.
- Galvez, E.A., Ordieres-Meré, J. a Capuz-Rizo, S.F. 2015.** Analysis of Project Duration Uncertainty using Global Sensitivity Analysis. *Journal of Modern Project Management*. 2015, Sv. 2, 3.

- Gazdik, I. 1983.** Fuzzy-Network Planning - FNET. *IEEE Transactions on Reliability*. 1983, Sv. 32, 3, stránky 304-313.
- Ghazanfari, M., Shahanaghi, K. a Yousefli, A. 2008.** An Application of Possibility Goal Programming to the Time-Cost Trade off Problem. *Journal of Uncertain Systems*. 2008, Sv. 2, 1, stránky 22-30.
- Gros, I. 2009.** *Matematické modely pro manažerské rozhodování*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-709-5.
- Hájek, P. 1998.** *Mathematics of Fuzzy Logic*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. ISBN: 1-4020-0370-6.
- Hapke, M. a Słowinski, R. 1996.** Fuzzy priority heuristics for project scheduling. *Fuzzy Sets and Systems*. 1996, Sv. 83, 3, stránky 291-299.
- Hapke, M. a Słowinski, R. 2000.** Fuzzy Set Approach to Multi-Objective and Multi-Mode Project Scheduling Under Uncertainty. [editor] R. Słowinski a M. Hapke. *Scheduling Under Fuzziness*. Heidelberg: Physica-Verlag, 2000, 9, stránky 197-221.
- Hapke, M., Jaskiewicz, A. a Słowinski, R. 1994.** Fuzzy project scheduling system for software development. *Fuzzy Sets and Systems*. 1994, Sv. 67, 1, stránky 101-117.
- Herroelen, W. a Leus, R. 2005.** Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials. *European Journal of Operational Research*. 2005, Sv. 165, stránky 289-306.
- Herroelen, W., Demeulemeester, E. a De Reyck, B. 1999.** A Classification Scheme for Project Scheduling. [editor] Jan Weglarz. *Project scheduling: recent models, algorithms, and applications*. Norwell, Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers, 1999, stránky 1-26.
- Huemann, M., Keegan, A. a Turner, J. R. 2007.** Human resource management in the project-oriented company: A review. *International Journal of Project Management*. 2007, Sv. 25, stránky 315–323.
- Hussein, M. a Abo-Sinna, M.A. 1995.** A fuzzy dynamic approach to the multicriterion resource allocation problem. *Fuzzy Sets and Systems*. 1995, Sv. 69, stránky 115–124.
- Chanas, S. a Zieliński, P. 2001.** Critical path analysis in the network with fuzzy activity times. *Fuzzy Sets and Systems*. 2001, Sv. 122, stránky 195–204.
- Chanas, S., Kamburowski, J. 1981.** The use of fuzzy variables in PERT. *Fuzzy Sets and Systems*. 1981, Sv. 5, 1, stránky 11-19.
- Chen, Ch. C., Law, Ch. C.H. a Yang, S. C. 2009.** Managing ERP Implementation Failure: A Project Management Perspective. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*. February 2009, Sv. 56, 1, stránky 157-170.
- Chen, S.-P. 2007.** Analysis of critical paths in a project network with fuzzy activity times. *European Journal of Operational Research*. 2007, Sv. 183, 1, stránky 442-459.
- Chen, S.-P., Hsueh, Y.-J. 2008.** A simple approach to fuzzy critical path analysis in project networks. *Applied Mathematical Modelling*. 2008, Sv. 32, stránky 1289–1297.

- ISO. 2005.** ISO 9000:2005: Quality management systems -- Fundamentals and vocabulary. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2005.
- ISO. 2012.** ISO 21500:2012: Guidance on project management. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2012.
- Jin, Ch.-G., Ji, Z.-S., Lin, Y., Zhao, Y.-M. a Huang, Z.-D. 2005.** Research on the fully fuzzy time-cost trade-off based on genetic algorithms. *Journal of Marine Science and Application*. 2005, Sv. 4, 3, stránky 18-23.
- Kahraman, C. 2008.** *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments* Springer Optimization and Its Applications., Sv. 16., Istanbul, Turkey: Springer Science+Business Media, LLC. ISBN:978-0-387-76812-0
- Kaufmann, A., Gupta, M.M. 1988.** *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Sciences*. Amsterdam: Elsevier Science Inc., 1988. ISBN:0444705015.
- Ke, H. a Liu, B. 2010.** Fuzzy project scheduling problem and its hybrid intelligent algorithm. *Applied Mathematical Modelling*. 2010, Sv. 34, 2, stránky 301-308.
- Ke, H. a Ma, W. 2015.** *The Fuzzy Time-Cost Tradeoff Problem*. Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 2, [editor] Christoph Schwindt a Jürgen Zimmermann. 2015, stránky 929-942. ISBN 978-3-319-05914-3.
- Kelley Jr., J.E. 1961.** Critical-Path Planning and Scheduling: Mathematical Basis. *Operations Research*. 1961, Sv. 9, stránky 296-320.
- Kerzner, H.. 1998.** *Project Management., A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Sixth Edition. New York, USA: Wiley & Sons, 1998.
- Kim, J., Kim, K., Jee, N. a Yoon, Y. 2005.** Enhanced resource leveling technique for project scheduling. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2005, Sv. 4, 2, stránky 461-466.
- Kuchta, D.. 2010.** The Use of Fuzzy Numbers in Practical Project Planning and Control. [autor knihy] Weldon A. Lodwick a Janusz Kacprzyk. *Fuzzy Optimization: Recent Advances and Applications*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- Kumar, A. a Kaur, P. 2010.** A New Method for Fuzzy Critical Path Analysis in Project Networks with a New Representation of Triangular Fuzzy Numbers. *Applications and Applied Mathematics*. 2010, Sv. 5, 2, stránky 345 – 369.
- Leu, S.S., Chen, A.T. a Yang, Ch.H. 1999.** A fuzzy optimal model for construction resource leveling scheduling. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 1999, Sv. 26, 6, stránky 673-684.
- Leu, S.S., Chen, A.T. a Yang, Ch.H. 2001.** A GA-based fuzzy optimal model for construction time–cost trade-off. *International Journal of Project Management*. 2001, Sv. 19, 1, stránky 47-58.
- Levinson, M.. 2008.** Six Attributes of Successful Project Managers. *CIO*. [Online] 3. 9. 2008. [Citace: 4. 5. 2013.]
http://www.cio.com/article/447182/Six_Attributes_of_Successful_Project_Managers.
- Li, Z. a Dai, X. 2013.** Optimization of Insuring Critical Path Problem with Uncertain Activity Duration Times. *Journal of Uncertain Systems*. 2013, Sv. 7, 1, stránky 72-80.

- Liang, G.-S., Han, T-Ch. 2004.** Fuzzy Critical Path for Project Network. *Information and Management Sciences*. 2004, Sv. 15, 4, stránky 29-40.
- Liang, T.-F. 2009.** Fuzzy multi-objective project management decisions using two-phase fuzzy goal programming approach. *Computers & Industrial Engineering*. 2009, Sv. 57, stránky 1407–1416.
- Liberatore, M.J. a Conelly, J.F. 2001.** Applying fuzzy logic to critical path analysis. *Management of Engineering and Technology. PICMET '01. Portland, OR, USA 29.7.-2.8.2001*. 2001, Sv. 1, str. 419.
- Liu, Yu-Chuan, Yang, S. M. a Lin, Yu-Te. 2010.** *Fuzzy Finish Time Modeling for Project Scheduling*. Melaka: The 11th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Melaka, 7 – 10 December, 2010.
- Lodwick, W.A.; Kacprzyk, J. 2010.** *Fuzzy Optimization: Recent Advances and Applications*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. ISBN: 978-3-642-13934-5.
- Malcolm, D.G., Roseboom, J.H. a Clark, C.E. 1959.** Application of a technique for research and development program evaluation. *Operations Research*. 1959, Sv. 7, stránky 646-669.
- Maravas, A. a Pantouvakis, J.P. 2012.** Project cash flow analysis in the presence of uncertainty in activity duration and costs. *International Journal of Project Management*. 2012, Sv. 30, 3, stránky 374-384.
- Mareš, M. 1994.** *Computation over fuzzy quantities*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, Inc., 1994. ISBN: 0-8493-7635-1.
- Mareš, M. 2000.** Metoda kritické cesty s vágními délkami činností. *Acta oeconomica pragensia*. Praha: VŠE Praha, 2000, Sv. 8, stránky 48-59.
- Mareš, M. 2002.** Algebraické vlastnosti fuzzy veličin. Hejnice: ROBUST, 2002. stránky 224-239.
- Masmoudi, M. a Haït, A. 2013.** Project scheduling under uncertainty using fuzzy modelling and solving techniques. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2013, Sv. 26, 1, stránky 135-149.
- McCahon, C.S., Lee, E.S. 1988.** Project network analysis with fuzzy activity times. *Computers and Mathematics with Applications*. 1988, Sv. 15, 10, stránky 829-838.
- Mjelde, K.M. 1986.** Fuzzy resource allocation. *Fuzzy Sets and Systems*. 1986, Sv. 19, stránky 239–250.
- Mohamed, A.; Hagrass, H.; Shakya, S.; Owusu, G. 2013** *A fuzzy-genetic tactical resource planner for workforce allocation*. IEEE Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems (EAIS), 16.-19.4.2013. stránky 98-105.
- Mon, D.-L., Cheng, Ch.-H. a Lu, H.-Ch. 1995.** Application of fuzzy distributions on project management. *Fuzzy Sets and Systems*. 1995, Sv. 73, 2, stránky 227-234.
- Mukherjee, S. a Kajla, B. 2010.** Application of Fuzzy Ranking Method for Solving Assignment Problems with Fuzzy Costs. *International Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2010, Sv. 5, 3, stránky 359–368.

- Muscatello, J.R., Chen, J. a Injazz, J. 2008.** Enterprise Resource Planning (ERP) Implementations: Theory and Practice. *International Journal of Enterprise Information Systems*. 2008, Sv. 4, 1, stránky 63-77.
- Nasution, S.H. 1994.** Fuzzy critical path method. *Systems, Man and Cybernetics*. 1994, Sv. 24, 1, stránky 48-57.
- Novák, V. 1990.** *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. 2.vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN: 80-03-00325-3.
- Özdamar, L. a Alanya, E. 2000.** Uncertainty Modelling in Software Development Projects (with case study). *Annals of Operations Research*. 2000, Sv. 102, stránky 157-178.
- PMBOK® Guide. 2013.** *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Fifth Edition. Newton Square, PA: Project Management Institute (PMI©), 2013.
- Prade, H. 1979.** Using fuzzy set theory in a scheduling problem: a case study. *Fuzzy Sets and Systems*. 1979, Sv. 2, 2, stránky 153-165.
- Pratt, M. K. 2012.** 10 hot IT skills for 2013. *Computerworld*. [Online] 24. 9. 2012. [Citace: 4. 5. 2013.] http://www.computerworld.com/s/article/9231486/10_hot_IT_skills_for_2013?taxonomyId=14.
- Relich, M. 2014.** A Constraint Programming Approach for Scheduling in a Multi-Project Environment. *International Journal of Advanced Computer Science and Information Technology*. 2014, Sv. 3, 2, stránky 156-171. ISSN: 2296-1739
- Rommelfanger, H. 1990.** FULPAL: An Interactive Method for Solving (Multiobjective) Fuzzy Linear Programming Problems. [editor] R. Slowinski a J. Teghem. *Stochastic Versus Fuzzy Approaches to Multiobjective Mathematical Programming Under Uncertainty*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990, stránky 279-299.
- Rosenau, M. D., Jr. 2003.** *Řízení projektů*. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-218-1.
- Roy, B. 1959.** Contribution de la théorie des graphes à l'étude de certains problèmes linéaires. *C. R. Acad. Sci. T*. 1959, Sv. 248, stránky 2437–2439.
- Sadiq, R. a Husain, T. 2005.** A fuzzy-based methodology for an aggregative environmental risk assessment: a case study of drilling waste. *Environmental Modelling & Software*. 2005, Sv. 20, 1, stránky 33-46.
- San Cristóbal Mateo, J. R. 2015.** *Management Science, Operations Research and Project Management: Modelling, Evaluation, Scheduling, Monitoring*. Farnham: Gower Publishing, Ltd., 2015. str. 234. ISBN 978-1-4724-2643-7.
- Sathish, S., Ganesan, K. 2011.** A simple approach to fuzzy critical path analysis in project networks. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2011, Sv. 2, 12, stránky 1-6.
- Shahsavari pour, N., Modarres, M., Aryanejad, Mir.B. a Moghadam, R. Tavakoli. 2010.** Calculating the Project Network Critical Path in Uncertainty Conditions. *International Journal of Engineering and Technology*. 2010, Sv. 2, 2, stránky 136-140.

Sireesha, V., Ravi Shankar, N., Srinivasa Rao, K. a Phani Bushan Rao, P. 2012b. On the Latest Times and Float Times of Activities in a Fuzzy Project Network with LR Fuzzy Numbers. *International Journal of Fuzzy System Applications*. 2012b, Sv. 2, 2, stránky 91-101.

Sireesha, V., Srinivasa Rao, K., Ravi Shankar, N. a Suresh Babu, S. 2012a. Critical path analysis in the network with fuzzy interval numbers as activity times. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 2012a, Sv. 4, 3, stránky 823-832.

Ślowiński, R.; Hapke, M. 2000. *Scheduling Under Fuzziness*. Heidelberg; New York: Physica-Verlag, 2000. ISBN: 3-7908-1249-8.

Svozilová, A. 2006. *Projektový management*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2006. ISBN 80-247-1501-5.

Štiková, H. 2011. Project costs planning in conditions of uncertainty. *Sborník příspěvků z doktorské vědecké konference THINK TOGETHER*. 2011, stránky 248-259. 1. místo v soutěži vědeckých prací doktorandů PEF.

Štiková, H., Vrana, I. 2011-2012. Plánování projektových zdrojů s ohledem na náklady projektu v podmínkách neurčitosti. Projekt 201111130069 Interní grantové agentury PEF ČZÚ, 2011-2012

Štiková, H. 2012a. Project costs planning in the conditions of uncertainty. *Agricultural Economics*. 2012a, Sv. 58, 2, stránky 72-84.

Tastle, W.J. a Wierman, M.J. 2007. Consensus and dissention. A measure of ordinal dispersion. *International Journal of Approximating Reasoning*. 2007, Sv. 45, stránky 531-545.

Tisková zpráva. 2012. Průzkum vedení projektů. *Ernst & Young*. [Online] 19. 6. 2012. [Citace: 5. 5. 2013.] http://www.ey.com/CZ/cs/Newsroom/News-releases/2012_Pruzum-vedeni-projektu.

Tisková zpráva. 2013. Průzkum řízení projektů v ČR a SR 2013. *Ernst & Young*. [Online] 2013. [Citace: 26. 4. 2015.] [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Pr%C5%AFzkum_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_2013/\\$FILE/EY_Pruzum%20rizeni%20projektu%20v%20CR%20a%20SR%202013.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Pr%C5%AFzkum_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_2013/$FILE/EY_Pruzum%20rizeni%20projektu%20v%20CR%20a%20SR%202013.pdf).

Tulasi, Ch.L. a Rao, A.R.;. 2015. *Resource Allocation in Project Scheduling Application of Fuzzy AHP*. International Conference on Technology and Business Management, 23-25.3.2015. stránky 512-521.

Usha Madhuri, K., Pardha Saradhi, B. a Ravi Shankar, N. 2013. Fuzzy Linear Programming Model for Critical Path Analysis. *Int. J. Contemp. Math. Sciences*. 2013, Sv. 8, 2, stránky 93 - 116.

Vaniček, J., Vrana, I. a Aly, S. 2009. Fuzzy aggregation and averaging for group decision making: A generalization and survey. *Knowledge-Based Systems*. 2009, Sv. 22, 1, stránky 79-84.

Vrana, I. a Richta, K. 2005. *Zásady a postupy zavádění podnikových informačních systémů*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. ISBN: 80-247-1103-6.

Vrana, I., Vaniček, J., Kovář, P., Brožek, J. a Shady, A. 2012. A group agreement-based approach for decision making in environmental issues. *Environmental Modelling & Software*. 2012, Sv. 36, stránky 99-110.

- Wang, H.F. a Fu, C.C. 1998.** Fuzzy resource allocations in project management. *International Journal of Operations and Quantitative Management*. 1998, Sv. 4, stránky 87–197.
- Wang, M.J. a Yang, M.F. 2011.** Application of signed distances method to integrate linear programming for fuzzy multi-objective project management. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*. 2011, Sv. 7, 1, stránky 237-252.
- Wang, R.Ch. a Liang, T.F. 2004.** Project management decisions with multiple fuzzy goals. *Construction Management and Economics*. 2004, Sv. 22, 10, stránky 1047-1056.
- Wang, X.; Kerre, E.E. 2001.** Reasonable properties for the ordering of fuzzy quantities (I) and (II). *Fuzzy Sets and Systems*. 2001, Vols. 118, no.3, pp. pp. 375-385 and pp. 387-405.
- Yakhchali, S.H., Ghodsypour, S.H. 2010.** Computing latest starting times of activities in interval-valued networks with minimal time lags. *European Journal of Operational Research*. 2010, Sv. 200, 3, stránky 874-880.
- Yao, J.S., Chen, M.S. a Lu, H.F. 2006.** A fuzzy stochastic single-period model for cash management. *European Journal of Operational Research*. 2006, Sv. 170, stránky 72-90.
- Yousefli, A., Ghazanfari, M., Shahanaghi, K. a Heydari, M. 2008.** A New Heuristic Model for Fully Fuzzy Project Scheduling. *Journal of Uncertain Systems*. 2008, Sv. 2, 1, stránky 75-80.
- Zadeh, L.A. 1965.** Fuzzy Sets. *Information and Control*. 1965, Vol. 8 no.3, pp. 338-353.
- Zadeh, L.A. 1978.** Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. 1978, Sv. 3, 28, stránky 3-28.
- Zadeh, L.A. 1975.** The concept of a linguistic variable and its applications in approximate reasoning. *Information Sciences*. 1975, Sv. 8, 9, stránky 199-249, 301-357; 43-80.
- Zaraket, F.A., Olleik, M. a Yassine, A.A. 2014.** Skill-based framework for optimal software project selection and resource allocation. *European Journal of Operational Research*. 1. 4 2014, Sv. 234, 1, stránky 308-318.
- Zhang, X., Chen, X. a Ding, C. 2012.** A new uncertain programming model for project scheduling problem. *International Interdisciplinary Journal*. 2012, Sv. 15, 10, stránky 3901-3910.
- Zhang, Z. a Chu, X. 2009.** Fuzzy group decision-making for multi-format and multigranularity linguistic judgments in quality function deployment. *Expert Systems with Applications*. 2009, Sv. 36, stránky 9150-9158.
- Zhang, Z. 2014.** A MODM Bi-level Model with Fuzzy Random Coefficients for Resource-Constrained Project Scheduling Problems. Seventh International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (CSO), 4.-6.7.2014. stránky 666-669.
- Zheng, D.X.M., Ng, S.T., Kumaraswamy, M.M. a ASCE, M. 2004.** Applying a Genetic Algorithm-Based Multiobjective Approach for Time-Cost Optimization. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2004, Sv. 130, 2, stránky 168–176.
- Zielinski, P. 2005.** On computing the latest starting times and floats of activities in a network with imprecise durations. *Fuzzy Sets and Systems*. 2005, Sv. 150, 1, stránky 53-76.

Zimmermann, H.J. 1976. Description and optimization of fuzzy systems. *International Journal of General Systems*. 1976, Sv. 2, stránky 209–215.

12. Vlastní publikace

Štiková, H. 2011. Project costs planning in conditions of uncertainty. *Sborník příspěvků z doktorské vědecké konference THINK TOGETHER*. 2011, stránky 248-259.

Práce obsadila na konferenci v soutěži vědeckých prací doktorandů PEF 1. místo v oboru Informační management.

Štiková, H. 2012a. Project costs planning in the conditions of uncertainty. *Agricultural Economics*. 2012, Sv. 58, 2, stránky 72-84. impact factor 0,325 (2013)

Štiková, H. 2012b. Project resources allocation in conditions of ambiguity. *Sborník příspěvků z doktorské vědecké konference THINK TOGETHER*. 2012, stránky 305-316.

Štiková, H., Vrana, I. Plánování projektových zdrojů s ohledem na náklady projektu v podmínkách neurčitosti. Projekt 201111130069 Interní grantové agentury PEF ČZÚ, 2011-2012

Štiková, H., Pelikán, M. a Vrana, I. Project resource allocation in conditions of ambiguity.

Článek je v současné době v druhém kole recenzního řízení v časopise IEEE Transactions on Fuzzy Systems, impact factor 6,306. Redakce vyzvala autory k úpravě článku ve smyslu připomínek oponentů.

Používané pojmy, zkratky, symboly

V literatuře se setkáváme s tím, že používání některých pojmů a zkratek není vždy jednotné. Abychom se vyhnuli případným pochybnostem, následuje přehled vybraných pojmů a zkratek spolu s vysvětlení významu, s jakým jsou používány v této práci.

Alokace zdroje

Přiřazení zdroje k nějaké činnosti projektu, aby ji realizoval. Alokaci zdrojů provádí projektový manažer při přípravě projektového plánu.

Blok činností

Posloupnost činností, které na sebe bezprostředně navazují a kterým je přiřazen stejný zdroj (popř. stejné zdroje).

Tento pojem je v práci zaveden pro potřeby vyhodnocování zatížení zdrojů a jejich přetížení, pokud by jim na stejný čas bylo naplánováno více činností. Blok činností může tvořit jedna činnost, a to v případě, že činnosti (činnostem), která této činnosti bezprostředně předchází a která (které) na ni bezprostředně navazuje, jsou přiřazeny jiné zdroje než dané činnosti, nebo bude blok činností tvořit více bezprostředně na sebe navazujících činností, kterým je přiřazen stejný zdroj (popř. všem stejné zdroje).

Cesta

Posloupnost na sebe navazujících činností vedoucích od počátečního stavu projektu ke konečnému. V projektu obvykle existuje větší množství cest.

CPM

Metoda kritické cesty. Patří ke klasickým metodám projektového managementu. Bližší informace lze nalézt v Příloze C.

Činnost

Dílčí úsek práce prováděné v průběhu projektu. Při plánování projektu se provádí dekompozice celkové práce, kterou je třeba vykonat k dosažení projektových cílů na dílčí úseky. Jednou z metod je hierarchický rozklad (WBS, Work Breakdown Structure), kterým vzniká podrobný rozpis projektových prací s dílčími cíli. Budou-li tyto dílčí cíle všechny splněny, budou splněny i všechny cíle celého projektu.

V této práci se činností rozumí takový dílčí úsek projektové práce, u něhož lze odhadnout možnou dobu trvání, určit způsob výpočtu nákladů a přiřadit mu zdroj (popř. skupinu zdrojů), který ho bude realizovat. Nemusí se však jednat o činnost, která by podle předchozího odstavce byla na nejnížší úrovni hierarchického rozkladu projektu. Jako činnost může být chápána i např. etapa projektu,

pokud jí na úrovni, kterou projektový manažer potřebuje pro své rozhodování, lze přiřadit dobu trvání, náklady a zdroje.

Doba trvání činnosti

Čas potřebný na realizaci činnosti od jejího zahájení k jejímu ukončení. Bývá obvyklé měřit dobu trvání činnosti v jednotkách pracovního času, tj. nezapočítávat do ní nepracovní dobu, víkendy a svátky a tyto nepracovní časy zohlednit až v okamžiku spojení plánovaného průběhu projektu s dny v kalendáři, tj. při tvorbě konečného harmonogramu projektu.

V souladu s principy fuzzy teorie používanými v této práci je doba trvání činnosti fuzzy veličinou a může nabývat více hodnot. Funkce příslušnosti charakterizující fuzzy veličinu udává, jaká je možnost, že činnost bude danou hodnotu času trvat. V souladu s postupem navrženým v práci stanovuje projektový manažer při přípravě projektového plánu pro každou činnost očekávané hodnoty doby trvání a odpovídající hodnotu funkce příslušnosti. Nepředpokládá se žádný speciální průběh funkce příslušnosti doby trvání. Lze tedy popisovat i případ, že činnost bude buď dokončena do nějaké doby, nebo až za určitý čas poté, kdy zdroj bude po jistou dobu nedostupný.

Teoretické vztahy odvozené v této práci umožňují, aby byly možné doby trvání činnosti vyjádřeny v libovolných časových jednotkách, pro přehlednost výpočtů je však vhodné, aby pro plánování všech činností jednoho projektu byla zvolena stejná časová jednotka, přiměřená potřebnému detailu plánování. S ohledem na praktické využití lze také při výpočtech přijmout zjednodušující předpoklad, že doby trvání činností nabývají pouze celočíselných hodnot – násobků vhodně zvolené časové jednotky.

Doba trvání projektu

Čas, potřebný na realizaci celého projektu, tj. čas, který uplyne od počátečního stavu projektu ke konečnému.

S ohledem na principy fuzzy teorie použité v této práci je doba trvání projektu fuzzy veličinou a může nabývat různých hodnot. Funkce příslušnosti doby trvání projektu udává pro každou hodnotu, jaká je možnost, že projekt bude danou hodnotu času trvat. Možné hodnoty doby trvání projektu a odpovídající funkce příslušnosti jsou jedním z výstupů postupu navrženého v této práci.

V této práci se doba trvání projektu měří, stejně jako doba trvání činnosti, v jednotkách pracovního času a při porovnávání doby trvání projektu v různých variantách projektu se k nepracovní době nepřihlíží. Nepracovní doba, víkendy a svátky se v plánu projektu projeví až v okamžiku spojení plánovaného průběhu projektu s dny v kalendáři, tj. při tvorbě konečného harmonogramu projektu. Propojení plánování s kalendářem již při posuzování jednotlivých variant plánu patří k možným směrům, jak dále rozvíjet výsledky dosažené v této práci.

DPH

Daň z přidané hodnoty

Funkce příslušnosti

Jeden ze základních pojmů fuzzy teorie, její matematická definice je uvedena v Příloze D. V této práci se využívá pojmu funkce příslušnosti ve spojení s fuzzy veličinou, která je pomocí funkce příslušnosti definována (viz též pojem Fuzzy veličina).

Fuzzy veličina

Jeden ze základních pojmů fuzzy teorie, její matematická definice je uvedena v Příloze D. Fuzzy veličina představuje rozšíření pojmu číslo. Fuzzy veličina může nabývat více hodnot. Je charakterizována funkcí příslušnosti, která pro každou hodnotu udává míru možnosti, že fuzzy veličina bude mít tuto hodnotu. Pomocí funkcí příslušnosti jsou také definovány matematické operace mezi fuzzy veličinami. Vlastnosti a operace, které jsou využívány v této práci, jsou definovány v Příloze D, další informace týkající se fuzzy veličin lze nalézt v literatuře - viz např. (Mareš, 1994).

Příkladem fuzzy veličin, které se vyskytují v této práci, jsou doba trvání činnosti, doba trvání projektu, náklady projektu, čas zahájení činnosti, čas ukončení činnosti, a další.

Harmonogram projektu

Plánovaný průběh projektu svázaný s kalendářními dny, zahrnuje tedy i nepracovní dobu, volné dny apod. Obsahuje posloupnost činností, jejich plánované časy zahájení a ukončení a důležité milníky projektu ve vazbě na konkrétní kalendářní data.

Vzhledem k fuzzy přístupu k plánování projektových činností, který je použit v této práci, bude existovat více možných časů zahájení a ukončení jednotlivých činností.

Implementace informačního systému, implementace software

V práci je použito ve významu zavádění informačního systému, resp. software do provozu, aby mohl být nadále využíván.

Informační systém

V práci použito ve významu softwarová aplikace, program nebo soubor programů, zabezpečující sběr, přenos, zpracování a uchování dat s cílem získat z těchto dat informace a poskytnout je ve vhodné podobě pro potřeby uživatelů. Předmětem zájmu jsou zejména softwarové aplikace většího rozsahu nebo implementované pro větší počet uživatelů, u kterých má smysl realizovat implementaci formou projektu.

IT

Informační technologie. V práci je tato zkratka použita i ve spojení IT společnost ve významu společnost působící v oboru informačních technologií a IT obor jakožto obor týkající se informačních technologií.

Kritická cesta

Kritickou cestou v projektu rozumíme posloupnost navazujících činností od zahájení projektu k jeho ukončení, která má mezi všemi takovými posloupnostmi nejdelší možnou dobu trvání. V případě, že se prodlouží doba provedení kterékoliv činnosti, jež je součástí kritické cesty, prodlouží se i doba trvání celého projektu. Pojem kritické cesty je základem metody kritické cesty (CPM), která patří ke klasickým metodám projektového managementu.

V této práci vycházející z principů teorie fuzzy množin a fuzzy logiky je pojem kritická cesta zobecněn, žádná cesta není kritickou cestou absolutně, ale jen do jisté míry, a naopak v projektu mohou existovat cesty, u kterých existuje jistá možnost, že se stanou kritickou cestou.

Náklady činnosti

Finanční vyjádření výdajů, které je nutné vynaložit, aby mohla být činnost realizována.

Záleží na používané metodice a potřebách a okolnostech konkrétního projektu a jeho plánování, které výdaje budou do nákladů činností zahrnuty (např. výdaje za práci zdrojů, materiál, dopravu aj.)

Teoretické vztahy odvozené v této práci umožňují zahrnout do výpočtů jak fixní, tak variabilní náklady. V souladu s postupem navrženým v práci stanovuje projektový manažer při přípravě projektového plánu u každé činnosti způsob výpočtu nákladů. Ten může být pro každou činnost jiný, náklady mohou, ale nemusí záviset na době trvání činnosti, a pokud na ní závisí, závislost může být vyjádřena libovolnou funkcí.

Náklady projektu, projektové náklady

Součet nákladů na všechny činnosti projektu. Navrhovaný postup připouští zahrnout do výpočtů fixní i variabilní, přímé i nepřímé náklady. Přímé náklady, ať už fixní nebo variabilní, lze vztáhnout k činnostem projektu. Bude-li třeba do kalkulace nákladů projektu zahrnout i nepřímé náklady, aniž by se rozpouštěly na jednotlivé skutečné činnosti začleněné do projektu, lze je vztáhnout k fiktivní činnosti (činnostem) s nulovou dobou trvání, která se začlení do projektu, např. na jeho začátek nebo konec.

Náklady projektu jsou, v souladu s principy fuzzy teorie používanými v této práci, fuzzy veličinou, která může nabývat více hodnot. Funkce příslušnosti nákladů projektu udává pro každou hodnotu nákladů, jaká je možnost, že při realizaci projektu dosáhnou náklady na projekt právě této hodnoty.

Možné hodnoty nákladů projektu a odpovídající funkce příslušnosti jsou jedním z výstupů postupu navrženého v mé práci.

Plán projektu

“Plán projektu je formální, schválený dokument, který se používá jako vodítko pro realizaci projektu a projektového řízení. Primárně se plán projektu používá na zdokumentování předpokladů a rozhodnutí, usnadnění komunikace mezi zúčastněnými stranami, a zdokumentování schváleného rozsahu, ceny a harmonogramu. Plán projektu může být pouze souhrnný nebo velmi podrobný.“ (PMBOK® Guide, 2013)

V této práci se předpokládá, že součástí plánu projektu je kromě definice cíle, hlavních požadovaných termínů a dalších požadavků na projekt i přehled činností a návazností mezi nimi, ať už ve formě Ganttova diagramu, nebo v podobné formě, jaká je použita např. na obrázku Obr. 15, přehled zdrojů a jejich přiřazení činnostem, způsob stanovení nákladů. Předpokládá se, že nejpozději před zahájením realizace je třeba, aby byl plán doplněn o harmonogram projektu a kalkulaci nákladů.

Projekt

„Časově ohraničené úsilí směřující k vytvoření unikátního produktu nebo služby.“ (PMBOK® Guide, 2013)

“Projekt je jedinečný proces sestávající z řady koordinovaných a řízených činností s daty zahájení a ukončení, prováděný pro dosažení cíle, který vyhovuje specifickým požadavkům, včetně omezení daných časem, náklady a zdroji.” (ISO 21500:2012, 2012)

I když mohou být odvozené postupy obecně aplikovány na různé projekty, z praktického důvodu je má disertační práce zaměřena zejména na projekty z oblasti implementace informačních systémů.

Projektový management

Souhrn aktivit spočívající v plánování a organizování práce, řízení a kontrole zdrojů společnosti při realizaci cílů a záměrů projektu (Kerzner, 1998).

Projektový manažer, vedoucí projektu

Pracovník zodpovědný za projekt, za splnění cílů projektu při dodržení všech stanovených charakteristik projektu. Odpovídá za projekt ve všech jeho fázích – připravuje plán projektu, určuje a řídí projektové zdroje i ostatní subjekty, organizuje, řídí, monitoruje a kontroluje procesy projektu, vyhodnocuje dosažené cíle a celkový výsledek projektu (Svozilová, 2006).

Přetížení zdroje

Souvisí s pojmem zatížení zdroje a vyjadřuje stav, kdy je zdroji na stejný časový interval naplánováno několik činností tak, že je z kapacitních důvodů nemůže současně vykonávat.

Stupeň možnosti

Souvisí s pojmy funkce příslušnosti a fuzzy veličina. Stupeň možnosti vyjadřuje míru možnosti, s jakou fuzzy veličina nabývá jednotlivých hodnot (viz též pojem Fuzzy veličina).

Varianta plánu

Jedna z možností jak naplánovat projekt. Varianty se navzájem mohou lišit v jednotlivých činnostech zařazených do projektu, v jejich vzájemných návaznostech, možných dobách trvání činností nebo jejich funkcích příslušnosti, ve způsobu výpočtu nákladů, v přiřazení zdrojů apod.

Zatížení zdroje

Přiřazení zdroje k jedné či více činnostem ve sledovaném časovém intervalu. Zatížení zdroje činností může být buď úplné, nebo částečné. Úplné zatížení zdroje činností znamená, že zdroj nemůže z kapacitních důvodů vykonávat ve stejném časovém intervalu jinou činnost. Částečné zatížení zdroje činností připouští, že zdroj může současně vykonávat i jinou činnost. Částečné zatížení zdroje je vždy charakterizováno veličinou udávající velikost zatížení. V práci je velikost zatížení zdroje činností označena w_{ij} , kde j je číslo zdroje, i je číslo činnosti a $0 \leq w_{ij} \leq 1$. Hodnota $w_{ij} = 0$ znamená, že zdroj není činností vůbec zatížen, hodnota $w_{ij} = 1$ odpovídá jeho úplnému zatížení danou činností.

Zdroje, projektové zdroje

Pracovníci (nebo jejich skupiny), zařízení či stroje (nebo jejich skupiny) vykonávající činnost, která je součástí projektu. V této práci tedy pojem projektového zdroje nezahrnuje suroviny, energii, peníze apod.

Některé běžně používané symboly

\mathcal{N} ... množina všech přirozených čísel

\mathcal{Z} ... množina všech celých čísel

\mathcal{R} ... množina všech reálných čísel

Seznam obrázků

- Obr. 1** – Projekt A, průběh projektu ve variantě V_1 a V_2
- Obr. 2** – Projekt A, varianta V_1 : celkové náklady na projekt
- Obr. 3** – Projekt A, varianta V_2 : celkové náklady na projekt
- Obr. 4** – Projekt A, průběh projektu ve variantě V_3
- Obr. 5** – Projekt A, varianta V_3 : celkové náklady na projekt
- Obr. 6** – Projekt A, celková doba trvání projektu – porovnání variant V_1, V_2, V_3
- Obr. 7** – Projekt A, celkové náklady na projekt – porovnání variant V_1, V_2, V_3
- Obr. 8** – Projekt B, průběh projektu
- Obr. 9** – Projekt B, zatížení zdroje S_3 činnostmi A_1, A_3, A_6 při deterministickém způsobu plánování
- Obr. 10** – Projekt B, zatížení zdroje S_3 bloky činností B_4, B_5 při deterministickém způsobu plánování
- Obr. 11** – Projekt B, funkce příslušnosti zatížení zdroje S_3 bloky činností B_4, B_5
- Obr. 12** – Příprava variant projektového plánu – 1. část
- Obr. 13** – Příprava variant projektového plánu – 2. část
- Obr. 14** – Posouzení a vyhodnocení variant projektového plánu
- Obr. 15** – Případová studie, průběh projektu – varianta V_1
- Obr. 16** – Případová studie, průběh projektu – varianta V_2
- Obr. 17** – Případová studie, průběh projektu – varianta V_3
- Obr. 18** – Případová studie, průběh projektu – varianta V_4
- Obr. 19** – Případová studie, riziko přetížení zdroje S_7
- Obr. 20** – Případová studie, funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianty V_1, V_3, V_5, V_7
- Obr. 21** – Případová studie, funkce příslušnosti nákladů projektu – varianty V_1, V_3, V_5, V_7
- Obr. 22** – Případová studie, prostorový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_3
- Obr. 23** – Případová studie, vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianty V_1, V_3, V_5, V_7

Obrázky v přílohách

- Obr. E.1** – Průběh projektu – původní varianta V_1
- Obr. E.2** – Průběh projektu – původní varianta V_2
- Obr. E.3** – Průběh projektu – původní varianta V_3
- Obr. E.4** – Průběh projektu – původní varianta V_4
- Obr. E.5** – Riziko přetížení zdroje S_7
- Obr. E.6** – Průběh projektu – upravená varianta V_1
- Obr. E.7** – Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_1
- Obr. E.8** – Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_1
- Obr. E.9** – Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_1
- Obr. E.10** – Průběh projektu – upravená varianta V_2
- Obr. E.11** – Průběh projektu – upravená varianta V_3
- Obr. E.12** – Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_3
- Obr. E.13** – Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_3
- Obr. E.14** – Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_3
- Obr. E.15** – Průběh projektu – upravená varianta V_4
- Obr. E.16** – Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_5
- Obr. E.17** – Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_5
- Obr. E.18** – Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_5
- Obr. E.19** – Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_7
- Obr. E.20** – Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_7
- Obr. E.21** – Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_7

Seznam tabulek

- Tab. 1** Projekt A, varianta V_1 : činnosti, funkce příslušnosti jejich dob trvání a funkce nákladů
- Tab. 2** Projekt A, varianta V_1 : funkce příslušnosti trvání cest
- Tab. 3** Projekt A, varianta V_1 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou
- Tab. 4** Projekt A, varianta V_1 : doba trvání projektu
- Tab. 5** Projekt A, varianta V_2 : činnosti odlišné od varianty V_1 , funkce příslušnosti jejich dob trvání a funkce nákladů
- Tab. 6** Projekt A, varianta V_2 : funkce příslušnosti trvání cesty P_4
- Tab. 7** Projekt A, varianta V_2 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou
- Tab. 8** Projekt A, varianta V_2 : doba trvání projektu
- Tab. 9** Projekt A, varianta V_3 : činnost A_{12} (jiná než ve variantě V_1), funkce příslušnosti její doby trvání a funkce nákladů
- Tab. 10** Projekt A, varianta V_3 : funkce příslušnosti trvání cesty P_4
- Tab. 11** Projekt A, varianta V_3 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou
- Tab. 12** Projekt A, varianta V_3 : doba trvání projektu
- Tab. 13** Projekt B, činnosti, funkce příslušnosti jejich dob trvání a alokované zdroje
- Tab. 14** Projekt B, hodnoty funkce příslušnosti pro časy zahájení a ukončení činností
- Tab. 15** Projekt B, funkce příslušnosti, charakterizující možnost, že činnosti budou v příslušných časových úsecích probíhat
- Tab. 16** Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_1
- Tab. 17** Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_2
- Tab. 18** Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_3
- Tab. 19** Projekt B, hodnoty funkce příslušnosti pro nové časy zahájení a ukončení činností A_6 , A_7
- Tab. 20** Projekt B, funkce příslušnosti, charakterizující možnost, že po provedeném přeplánování budou činnosti A_6 , A_7 v příslušných časových úsecích probíhat
- Tab. 21** Projekt B, funkce příslušnosti zatížení a přetížení zdroje S_3 po přeplánování

Tabulky v přílohách

- Tab. E.1** Varianta V_1 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání
- Tab. E.2** Varianta V_2 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1
- Tab. E.3** Varianta V_3 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1
- Tab. E.4** Varianta V_4 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1
- Tab. E.5** Varianta V_1, V_2, V_3, V_4 : doplněné fiktivní činnosti použité k přeplánování činností tak, aby se eliminovalo riziko přetížení zdroje S_7 a funkce příslušnosti jejich dob trvání
- Tab. E.6** Varianta V_5 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1
- Tab. E.7** Varianta V_6 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1
- Tab. E.8** Varianta V_7 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1
- Tab. E.9** Varianta V_8 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1
- Tab. E.10** Varianta V_1 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti
- Tab. E.11** Varianta V_1 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou
- Tab. E.12** Varianta V_1 : doba trvání projektu
- Tab. E.13** Varianta V_1 : náklady projektu
- Tab. E.14** Varianta V_3 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti
- Tab. E.15** Varianta V_3 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou
- Tab. E.16** Varianta V_3 : doba trvání projektu
- Tab. E.17** Varianta V_3 : náklady projektu
- Tab. E.18** Varianta V_5 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti
- Tab. E.19** Varianta V_5 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou
- Tab. E.20** Varianta V_5 : doba trvání projektu
- Tab. E.21** Varianta V_5 : náklady projektu
- Tab. E.22** Varianta V_7 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti
- Tab. E.23** Varianta V_7 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

- Tab. E.24** Varianta V_7 : doba trvání projektu
- Tab. E.25** Varianta V_7 : náklady projektu
- Tab. E.26** Stanovení preferencí kritérií
- Tab. E.27** Defuzzifikované hodnoty doby trvání a nákladů v jednotlivých variantách
- Tab. E.28** Hodnoty kritérií pro jednotlivé varianty
- Tab. E.29** Hodnoty dílčí užitečné funkce pro jednotlivá kritéria a varianty
- Tab. E.30** Výsledná užitečná funkce a pořadí variant

Příloha A: Metody síťové analýzy

Metody síťové analýzy představují speciální analytické metody, které se používají v případech, kdy je třeba analyzovat nebo optimalizovat nějakou síť prvků, které jsou vzájemně mezi sebou propojeny nebo mají mezi sebou nějakou souvislost. Jsou tedy vhodným nástrojem pro popis projektu a charakteristiku věcné, technologické i časové návaznosti jeho jednotlivých činností. Umožňují popsat a optimalizovat často velmi složitou strukturu činností, které jsou součástí projektu, umožňují plánovat čas, náklady a zdroje na jednotlivé činnosti a na základě toho pak tyto činnosti řídit v souladu s cíli projektu – viz např. (Rosenau, 2003), (Svozilová, 2006), (Gros, 2009).

Tyto metody můžeme rozdělit do skupin podle toho, jak přistupují ke kvantitativním ukazatelům charakterizujícím jednotlivé činnosti, a to především k době trvání těchto činností. První skupina metod předpokládá deterministické stanovení dob trvání činností. Sem patří například metoda CPM – Critical Path Method (viz (Kelley Jr., 1961)) a metoda MPM – Metra Potential Method (viz (Roy, 1959)). Tyto metody jsou vhodné zejména pro projekty s podobným průběhem, u nichž jsou doby trvání činností známé, stanovitelné nebo dobře odhadnutelné.

Je jasné, že ani podobné projekty neprobíhají ve skutečnosti za zcela shodných podmínek a že jejich průběh může být ovlivněn nejrůznějšími nahodilými jevy. Ve snaze začlenit nahodilost do popisu činností byla vyvinuta druhá skupina metod síťové analýzy, u nichž doba trvání každé činnosti není dána jednou hodnotou, ale je charakterizována náhodnou proměnnou s rozdělením pravděpodobnosti na intervalu v okolí střední hodnoty. Typickým představitelem těchto metod je metoda PERT – Program Evaluation and Review Technique (viz (Malcolm, a další, 1959)).

Uvážíme-li, že každý projekt je z principu jedinečný, dojdeme k závěru, že pro statistické vyhodnocení může chybět dostatek podkladů, a správná volba pravděpodobnostního modelu pak bude obtížná. Pro tyto případy se jako vhodnější může jevit třetí typ metod síťové analýzy, u nichž se k modelování neurčitosti využívá teorie fuzzy množin a fuzzy veličin. Jako základ pro modelování struktury projektu je v disertační práci použita metoda síťové analýzy právě tohoto typu.

Příloha B: Vybrané pojmy teorie grafů

Metoda síťové analýzy využívající poznatků teorie fuzzy množin a fuzzy veličin používaná v této disertační práci, stejně jako ostatní metody síťové analýzy, vychází z toho, že se projekt pro snadnější plánování, sledování a řízení rozloží na dílčí činnosti. V rámci projektu některé činnosti mohou probíhat paralelně, nezávisle na sobě a některé na sebe navazují. Mezi činnostmi mohou existovat čtyři možné typy vazeb:

- vazba *KZ*, kdy začátek činnosti navazuje na konec předchozí činnosti
- vazba *ZZ*, kdy začátek činnosti navazuje na začátek předchozí činnosti
- vazba *KK*, kdy konec činnosti navazuje na konec předchozí činnosti
- vazba *ZK*, kdy konec činnosti navazuje na začátek předchozí činnosti

Poslední typ vazby je však spíše teoretický, v praxi má jen minimum reálných interpretací. V praxi se však běžně vyskytují situace, že jedna činnost navazuje na více činností navzájem spojených vazbou typu *KK* nebo naopak případ, kdy na jednu činnost navazuje více činností navzájem spojených vazbou typu *ZZ*. Někdy je vhodné zavést i tzv. fiktivní činnost. Je to činnost, která nepředstavuje žádnou práci a netrvá ani žádný čas, ale pomůže vyjádřit podmínku ukončení předchozích činností, než mohou být zahájeny činnosti následující. Fiktivní činnost lze také využít v případě, kdy mezi dvěma stavy je třeba vykonat více paralelních činností (Rosenau, 2003).

K popisu struktury činností slouží dobře tzv. síťové grafy a používá se matematická teorie grafů. Její podrobnější popis lze nalézt v literatuře specializující se na tento obor. Zde uvedeme jen základní pojmy, vztahy a značení, se kterými budeme dále pracovat při odvozování nových vztahů pro řízení projektu.

Základní pojem, který použijeme z teorie grafů, je pojem konečného orientovaného grafu. Orientovaným grafem nazýváme uspořádanou dvojici (B, G) , kde B je konečná neprázdná množina definovaná výčtem prvků v_i , $B = \{v_0, v_1, \dots, v_k\}$ a G je funkční předpis, který každému prvku množiny B přiřadí podmnožinu množiny B . Množina B je množina uzlů v_i . Funkční předpis pak definuje orientované hrany spojující uzly, tj. spojnice uzlů s definovanou orientací. U uzlů můžeme definovat jejich stupeň. Stupněm uzlu nazýváme dvojici nezáporných čísel (s_1, s_2) , kde hodnota s_1 určuje počet hran, které do uzlu vstupují, a hodnota s_2 určuje počet hran, které z uzlu vystupují. Graf nazýváme uzlově, resp. hranově ohodnocený, je-li každému uzlu, resp. hraně přiřazeno alespoň jedno číslo (ohodnocení).

Zavádí se také pojem cesta jako posloupnost hran v orientovaném grafu, ve které každá hrana vychází z uzlu, v němž končí předcházející hrana cesty. Pokud některá cesta začíná a končí ve stejném

uzlu, potom se hovoříme o tom, že v grafu existuje cyklus. Souvislý graf je takový graf, pro který platí, že pro všechny dvojice jeho uzlů existuje alespoň jedna cesta, která je spojuje.

Dále budeme pracovat se síťovými grafy, kterými rozumíme konečné souvislé, orientované, hranově nebo uzlově ohodnocené grafy, ve kterých se nevyskytuje žádný cyklus, kde mezi žádnou dvojicí uzlů neexistuje více souhlasně orientovaných hran a v nichž existuje jeden počáteční uzel (nevstupuje do něj žádná hrana), jehož stupeň je $(0, s_2)$ a jeden uzel koncový (žádná hrana z něj nevystupuje), jehož stupeň je $(s_1, 0)$.

V síťových grafech, které budeme dále používat, hovoříme někdy o konjunktivním vstupu, který znamená, že nejprve musí být dokončeny všechny hrany vstupující do uzlu, aby mohla začít realizace hran, které z uzlu vystupují. Jiným používanou charakteristikou je tzv. deterministický výstup, který určuje, že všechny vystupující hrany musí být realizovány (Gros, 2009).

V projektovém řízení se využívají jak uzlově ohodnocené síťové grafy, kde uzly grafu reprezentují činnosti a hrany představují stavy mezi nimi, tak hranově ohodnocené grafy, kde hrany grafu představují činnosti v projektu a uzly jejich návaznosti, tj. stavy mezi činnostmi. V této práci budeme dále používat druhou variantu, tj. hranově ohodnocené grafy.

Předpokládejme, že struktura projektu je dána stavy $0, 1, \dots, K$, mezi nimiž existuje n činností, které je třeba vykonat, aby bylo dosaženo cíle projektu. Bez újmy na obecnosti lze předpokládat, že v projektu, a tedy i v příslušném síťovém grafu, který je jeho obrazem, existuje právě jeden stav, kterému nepředchází žádný jiný. Označme tento počáteční stav 0 . Podobně lze předpokládat, že existuje právě jeden stav, který nepředchází žádnému jinému stavu. Označme tento koncový stav K . Označme dále B_r množinu stavů, které bezprostředně předcházejí stavu r

$$B_r = \{ v_0, v_1, \dots, v_m \}, \quad \text{kde } 1 \leq m \leq K, \quad v_0, v_1, \dots, v_m \in \{0, 1, 2, \dots, K\}$$

pro všechna $r = 0, 1, 2, \dots, K$. Z matematického hlediska jsme tak definovali orientovaný souvislý graf s uzly $0, 1, \dots, K$ a s orientovanými hranami $A_{vr} = (v, r)$, kde $v \in B_r$.

Příloha C: Metoda kritické cesty

Metoda kritické cesty (CPM) patří k již klasickým metodám projektového managementu. U jejího vzniku stál Kelley (1961), informace k zavedení pojmu kritické cesty lze také běžně nalézt v odborné literatuře věnované řízení projektu – viz např. (Rosenau, 2003), (Svozilová, 2006), nebo (Gros, 2009). Zde uvádím jen stručné základní značení, které využívám ve své práci.

Pro účely dalšího výkladu si nejprve zavedeme pojem cesta (v literatuře se někdy používá též označení úplná cesta) jako posloupnost k na sebe navazujících činností vedoucích od počátečního stavu 0 ke konečnému stavu K , tj. posloupnost

$P_s = \{ A_{v_0 v_1}, A_{v_1 v_2}, \dots, A_{v_{k-1} v_k} \}$, kde $v_0 = 0$, $v_k = K$, $v_i \in B_{i+1}$, pro všechna $i = 0, 1, \dots, k-1$, a kde $A_{v_i v_j}$ je činnost spojující stavy v_i , v_j a B_{i+1} je množinu stavů, které bezprostředně předcházejí stavu v_{i+1} .

Z definice použitého síťového grafu vyplývá, že v něm vždy existuje taková (úplná) cesta alespoň jedna. Při popisu struktury reálných projektů bývá obvykle (úplných) cest celá řada.

V dalším označme hrany grafu, které představují jednotlivé činnosti projektu, zjednodušeně A_i , $i = 1, 2, \dots, n$. Doba trvání činnosti A_i označme t_i , $i = 1, 2, \dots, n$. Doba T_s trvání (úplné) cesty P_s je pak dána součtem

$$T_s = t_{i_1} + t_{i_2} + \dots + t_{i_k}, \quad \text{kde } i_1, i_2, \dots, i_k \in \{1, 2, \dots, n\}, 1 \leq k \leq n. \quad (\text{C.1})$$

K realizaci celého projektu je nutno vykonat všechny činnosti A_i , bez ohledu na to, na jaké cestě leží. Nicméně pro účely řízení projektu se zavádí pojem kritická cesta jako (úplná) cesta s nejdelší dobou trvání. Vychází se přitom z myšlenky, že pokud se prodlouží doba trvání některé z činností na kritické cestě, prodlouží se doba trvání celého projektu. Je zřejmé, že takových kritických cest může být v projektu více a že prodloužením doby trvání některé z činností, jež neleží na kritické cestě, se jiná, původně nekritická cesta může stát kritickou. Z tohoto důvodu se definuje pro všechny (úplné) cesty v grafu projektu pojem rezerva (úplné) cesty P_i vůči kritické cestě P_c jako rozdíl

$$r(P_i) = t(P_c) - t(P_i). \quad (\text{C.2})$$

Z velikosti rezervy jednotlivé (úplné) cesty vůči kritické cestě je pak možné odvodit, o kolik se případně mohou prodloužit její jednotlivé činnosti, aby se nestala novou kritickou cestou s delší dobou trvání a nedošlo k prodloužení doby trvání celého projektu.

Příloha D: Základy teorie fuzzy množin a fuzzy veličin

Nahodilost a neurčitost, kterým je každý projekt nezbytně vystaven, může být dobře zohledněna s využitím myšlenek a matematického aparátu fuzzy teorie. Zde uvedeme jen ty základní pojmy a skutečnosti teorie fuzzy množin, ze kterých budeme při odvozování nových vztahů vycházet. Úplnější popis teorie fuzzy množin a fuzzy veličin lze nalézt v odborné literatuře věnované této problematice, např. (Zadeh, 1965), (Novák, 1990), (Mareš, 1994), (Hájek, 1998), (Dubois, D.; Prade, H., 2000), (Wang, X.; Kerre, E.E., 2001), (Mareš, 2002).

Pojem fuzzy množiny vznikl jako zobecnění klasického pojetí množin. Zatímco u standardních, deterministických množin můžeme o každém objektu s jistotou říci, zda je prvkem nějaké množiny, nebo není, umožňují fuzzy množiny popsat kromě těchto dvou možností i případ, že objekt je prvkem nějaké množiny jen do jisté míry, jen s jistým stupněm příslušnosti. Taková definice množiny s mlhavými, vágními hranicemi umožňuje zachytit jevy známé z reálného života, jakými jsou například pojmy "vzdálenější budova", "světle zelený" nebo "o trochu delší". Pokud k popisu přesně stanovených pojmů použijeme klasické množiny s "ostře" definovanými hranicemi, představuje pojem fuzzy množiny rozšíření pojetí klasických množin za hranice deterministické definice a umožňuje nám pracovat i s těmito nepřesně definovanými vlastnostmi.

Pojem fuzzy množina rozšiřuje pojem klasické množiny. V souladu s tím se zavádí i rozšířený pojem pro charakteristickou funkci množiny, kterým je funkce příslušnosti. Fuzzy množinu A , jež je podmnožinou univerza \mathbf{U} , jednoznačně popisuje její funkce příslušnosti $\mu_A(x) : \mathbf{U} \rightarrow \langle 0; 1 \rangle$

$$\begin{aligned} \mu_A(x) &= 1, && \text{když } x \text{ jistě patří do } A \\ \mu_A(x) &= 0, && \text{když } x \text{ jistě nepatří do } A \\ 0 < \mu_A(x) < 1, && \text{když není jisté, zda } x \text{ patří do } A \end{aligned}$$

Přitom hodnota $\mu_A(x)$ bude tím blíže k 1, čím spíše bude x patřit do A .

Pomocí funkce příslušnosti je možné pro fuzzy množiny definovat množinové operace a další pojmy, opět jako rozšíření množinových operací a pojmů týkajících se klasických deterministických množin. Pro dvě fuzzy množiny A, B tak lze mimo jiné definovat

$$\text{doplňek množiny } \bar{A} \quad \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad \text{pro všechna } x \text{ z } \mathbf{U}, \quad (\text{D.1})$$

$$\text{sjednocení množin } A \cup B \quad \mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad \text{pro všechna } x \text{ z } \mathbf{U}, \quad (\text{D.2})$$

$$\text{průnik množin } A \cap B \quad \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad \text{pro všechna } x \text{ z } \mathbf{U}, \quad (\text{D.3})$$

$$\text{rovnost množin } A=B \quad \mu_A(x) = \mu_B(x) \quad \text{pro všechna } x \text{ z } \mathbf{U}. \quad (\text{D.4})$$

Dalším zobecněním je pak zavedení pojmu fuzzy veličina jako rozšíření pojmu číslo. Fuzzy veličinou a nazýváme takovou fuzzy podmnožinu reálných čísel \mathcal{R} (popř. celých čísel \mathcal{Z}), pro jejíž funkci příslušnosti μ_a platí, že existuje číslo $x_a \in \mathcal{R}$ (popř. $x_a \in \mathcal{Z}$), pro které $\mu_a(x_a) = 1$, a současně

existují taková čísla $x_a^{(1)}, x_a^{(2)} \in \mathcal{R}$, $x_a^{(1)} < x_a < x_a^{(2)}$, že $\mu_a(x) = 0$ pro všechna $x < x_a^{(1)}$ a pro všechna $x > x_a^{(2)}$. Číslu x_a se říká modální hodnota fuzzy veličiny a .

Řekneme, že fuzzy veličina $-a$ je opačná k fuzzy veličině a , pokud pro její funkci příslušnosti platí

$$\mu_{-a}(x) = \mu_a(-x) \quad \text{pro všechna } x \in \mathcal{R} . \quad (\text{D.5})$$

Mezi fuzzy veličinami můžeme definovat operaci sčítání. Jsou-li a a b dvě fuzzy veličiny, pak jejich součet, který označíme $a \oplus b$, bude také fuzzy veličina s funkcí příslušnosti $\mu_{a \oplus b}$

$$\mu_{a \oplus b}(z) = \sup [\min (\mu_a(x), \mu_b(y)) : x, y \in \mathcal{R}, x + y = z] \quad \text{pro všechna } z \in \mathcal{R} . \quad (\text{D.6})$$

Obdobným způsobem můžeme také definovat fuzzy veličinu, která je rozšířením reálné funkce reálných proměnných. Mějme reálnou funkci f reálných proměnných x_1, x_2, \dots, x_n . Pokud tyto reálné proměnné nahradíme fuzzy veličinami, bude funkční hodnota takové zobecněné funkce také fuzzy veličina s funkcí příslušnosti

$$\mu_f(z) = \sup [\min (\mu_1(x_1), \mu_2(x_2), \dots, \mu_n(x_n)) : z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)] . \quad (\text{D.7})$$

Ukazuje se (viz např. (Mareš, 2002)), že pro takto definované operace platí vlastnosti lineárního prostoru, z nichž budeme v další práci využívat komutativnost a asociativnost sčítání fuzzy veličin.

Speciální průběh funkce příslušnosti se stal základem pro označení některé typů fuzzy veličin. Hovoříme o trojúhelníkové fuzzy veličině, má-li její funkce příslušnosti trojúhelníkový průběh, tj. jestliže existují reálná čísla $x_a^{(1)}, x_a, x_a^{(2)}$, $x_a^{(1)} < x_a < x_a^{(2)}$ taková, že pro funkci příslušnosti $\mu_a(x)$ platí

$$\begin{aligned} \mu_a(x) &= 0 && \text{pro } x \leq x_a^{(1)}, \\ \mu_a(x) &= (x - x_a^{(1)}) / (x_a - x_a^{(1)}) && \text{pro } x_a^{(1)} < x < x_a, \\ \mu_a(x) &= 1 && \text{pro } x = x_a, \\ \mu_a(x) &= (x_a^{(2)} - x) / (x_a^{(2)} - x_a) && \text{pro } x_a < x < x_a^{(2)}, \\ \mu_a(x) &= 0 && \text{pro } x_a^{(2)} \leq x. \end{aligned}$$

Podobně hovoříme o lichoběžníkové fuzzy veličině, má-li její funkce příslušnosti lichoběžníkový průběh, tj. jestliže existují reálná čísla $x_a^{(1)}, x_a, x'_a, x_a^{(2)}$, $x_a^{(1)} < x_a < x'_a < x_a^{(2)}$ taková, že pro funkci příslušnosti $\mu_a(x)$ platí

$$\begin{aligned} \mu_a(x) &= 0 && \text{pro } x \leq x_a^{(1)}, \\ \mu_a(x) &= (x - x_a^{(1)}) / (x_a - x_a^{(1)}) && \text{pro } x_a^{(1)} < x < x_a, \\ \mu_a(x) &= 1 && \text{pro } x_a \leq x \leq x'_a, \\ \mu_a(x) &= (x_a^{(2)} - x) / (x_a^{(2)} - x'_a) && \text{pro } x'_a < x < x_a^{(2)}, \\ \mu_a(x) &= 0 && \text{pro } x_a^{(2)} \leq x. \end{aligned}$$

O něco obecněji hovoříme o fuzzy veličině typu L-R, má-li její funkce příslušnosti tvar

$$\begin{array}{ll}
\mu_a(x) = 0 & \text{pro } x \leq x_a^{(1)}, \\
\mu_a(x) = L((x_a - x) / \alpha_a) & \text{pro } x_a^{(1)} < x < x_a, \\
\mu_a(x) = 1 & \text{pro } x_a \leq x \leq x'_a, \\
\mu_a(x) = R((x'_a - x) / \beta_a) & \text{pro } x'_a < x < x_a^{(2)}, \\
\mu_a(x) = 0 & \text{pro } x_a^{(2)} \leq x,
\end{array}$$

kde L a R jsou spojité nerostoucí nezáporné funkce definované na intervalu $(-\infty, +\infty)$, splňující podmínky $L((x_a - x_a^{(1)}) / \alpha_a) = R((x'_a - x_a^{(2)}) / \beta_a) = 0$ a $L(0) = R(0) = 1$, a α_a a β_a jsou kladná reálná čísla.

V literatuře se také často setkáváme s pojmy fuzzy číslo a fuzzy interval. Fuzzy číslo představuje speciální typ fuzzy veličiny, pro kterou existuje právě jedna hodnota $x_a \in \mathcal{R}$, pro níž $\mu_a(x_a) = 1$, a současně pro $x, y, z \in \mathcal{R}$, $x \leq z \leq y$ platí, že $\mu_a(z) \geq \min(\mu_a(x), \mu_a(y))$. Z uvedené definice vyplývá, že trojúhelníková fuzzy veličina je fuzzy číslo. Fuzzy veličinu nazveme fuzzy intervalem, jestliže existují čísla $x_a, x'_a \in \mathcal{R}$, $x_a < x'_a$, taková, že $\mu_a(x) = 1$ pro všechna $x \in \langle x_a, x'_a \rangle$ a současně $\mu_a(x) < 1$ pro všechna $x \notin \langle x_a, x'_a \rangle$. Lichoběžníková fuzzy veličina je tedy fuzzy intervalem.

Při praktických výpočtech, ve kterých se vyskytnou fuzzy čísla, využíváme obvykle krokovou aproximaci trojúhelníkové funkce příslušnosti, při které se spojitý trojúhelníkový průběh funkce příslušnosti aproximuje stupňovitou funkcí tak, aby integrály původní a aproximační funkce byly shodné. Způsob zavedení této funkce lze nalézt v literatuře – viz např. (Vrana, a další, 2012).

Pro fuzzy veličiny můžeme zavést ještě jeden užitečný pojem, a tím je α -řez. Pojmem α -řez nějaké fuzzy veličiny rozumíme takovou podmnožinu reálných čísel $X \subset \mathcal{R}$, že pro všechna $x \in X$ platí $\mu_a(x) \geq \alpha$.

Pro naši práci s fuzzy veličinami ještě potřebujeme zavést relaci uspořádání. K této problematice lze přistupovat různými způsoby (Wang, X.; Kerre, E.E., 2001). Dále budeme používat definici uspořádání, kterou lze nalézt i u jiných autorů (viz např. (Novák, 1990) nebo (Mareš, 2002)). Mějme dvě fuzzy veličiny a, b . Označme $\{a, b\}_{a \geq b}$ množinu odpovídající relaci uspořádání fuzzy veličin a a b . Množina $\{a, b\}_{a \geq b}$ je fuzzy množinou, protože jsou-li a, b fuzzy veličiny, kterým vyhovuje více hodnot s různým stupněm možnosti, má platnost nerovnosti také různý stupeň možnosti. Tuto relaci můžeme slovně popsat například obratem " a je fuzzy větší nebo rovna b " a označit $a \otimes b$. Definujme funkci příslušnosti $\mu_{a \geq b}$ fuzzy množiny $\{a, b\}_{a \geq b}$ takto

$$\mu_{a \geq b}(a, b) = \sup [\min(\mu_a(x), \mu_b(y)) : x, y \in \mathcal{R}, x \geq y] . \quad (\text{D.8})$$

Je zřejmé, že může platit, že s jistou možností je $a \otimes b$ a současně s jistou možností je $b \otimes a$, tedy že současně platí $\mu_{a \geq b}(a, b) > 0$ i $\mu_{b \geq a}(a, b) > 0$.

Negativním rysem neurčitosti, o kterou jsme obohatili definici klasických veličin, a takto definované relace uspořádání však je, že pro obecné fuzzy veličiny a, b, c neplatí tranzitivnost uspořádání. Tento problém je předmětem detailního studia teorie fuzzy veličin, zde se mu nebudeme dále věnovat a odkazujeme na literaturu specializující se na problematiku fuzzy veličin a vztahů mezi nimi, např. (Dubois a Prade, 2000).

Fuzzy veličiny jsou velmi vhodné pro reprezentaci veličin, které jsou zadány s jistou neurčitostí. V některých případech však je třeba mít možnost nahradit takto neurčitě popsanou veličinu jednou hodnotou, tj. nejčastěji reálným číslem. Je zřejmé, že toto číslo by mělo co nejlépe reprezentovat, vystihovat původní fuzzy veličinu. Přechodu od fuzzy veličiny k její reprezentaci pomocí reálného čísla se říká defuzzifikace. Existuje celá řada defuzzifikačních metod a záleží na typu fuzzy veličiny a účelu defuzzifikace, kterou z metod bude v konkrétním případě vhodné použít. Uvedeme zde jen několik nejběžnějších metod defuzzifikace. V literatuře – viz např. (Bojadziew a Bojadziew, 2007) – lze nalézt definice těchto metod pro různé typy fuzzy veličin, zde se omezíme jen na typ fuzzy veličin, které jsou použity v textu práce, a to na fuzzy veličiny jejichž funkce příslušnosti je nenulová pouze v konečném počtu bodů.

Mějme fuzzy veličinu a s funkcí příslušnosti $\mu_a(x)$, kde $\mu_a(x_i) \neq 0$ pro $x_1, x_2, \dots, x_n \in \mathcal{R}$ a $n \in \mathcal{N}$, a $\mu_a(x) = 0$ jinde.

- Metoda těžiště (COG – center of gravity method, CAM – center of area method)

Výše uvedené fuzzy veličině a přiřadíme metodou těžiště defuzzifikovanou hodnotu $\text{COG}(a)$

$$\text{COG}(a) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_a(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_a(x_i)}$$

- Metoda středu maxima (MMM – mean of maximum method)

Výše uvedené fuzzy veličině a přiřadíme metodou středu maxima defuzzifikovanou hodnotu $\text{MMM}(a)$

$$\text{MMM}(a) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \text{kde } x_i \in \{x \mid x \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, x_j \leq x \forall j = 1, 2, \dots, n\}$$

- Metoda levé meze maxima (LMM – left maximum method)

Výše uvedené fuzzy veličině a přiřadíme metodou levé meze maxima defuzzifikovanou hodnotu $\text{LMM}(a)$

$$\text{LMM}(a) = \min \{x \mid x \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, x_j \leq x \forall j = 1, 2, \dots, n\}$$

- Metoda pravé meze maxima (RMM – right maximum method)

Výše uvedené fuzzy veličině a přiřadíme metodou pravé meze maxima defuzzifikovanou hodnotu $RMM(a)$

$$RMM(a) = \max \{x \mid x \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, x_j \leq x \forall j = 1, 2, \dots, n\}$$

Příloha E: Případová studie – aplikace navrženého postupu

E.1. Příprava variant projektového plánu

E.1.1. Krok 1 – Definice projektu

Cíl projektu:	Provést implementaci nového ekonomického informačního systému
Počáteční stav:	Ve společnosti je funkční původní ekonomický systém holdingové společnosti integrovaný se zákaznickým systémem a bankovním software společnosti. Pro implementaci je vybrán a schválen nový ekonomický systém, jehož funkcionality pokrývá požadované agendy.
Koncový stav:	Ve společnosti je funkční nový ekonomický systém holdingové společnosti integrovaný se zákaznickým systémem a bankovním software společnosti.
Termín zahájení projektu:	27. srpna
Termín ukončení prací v předchozím systému:	30. září
Termín zahájení operací v novém systému:	1. října
Termín první fakturace odběratelům:	10. listopadu
Termín prvního podání Přiznání k DPH:	25. listopadu
Další požadavky a podmínky projektu:	Je žádoucí minimalizovat projektové náklady Pro implementaci je dispozici projektový tým dodavatele

Charakteristika a dílčí cíle projektu:

Projekt zahrnuje implementaci jádra systému a následujících agend

- účetnictví
- evidence dodavatelů, objednávky, zálohy a faktury přijaté
- evidence zákazníků, zálohy a faktury vydané (kromě evidence dokladů ze zákaznického systému existuje i tzv. ostatní fakturace řešená přímo v ekonomickém systému)
- sklad materiálu – evidence skladových položek, příjmy a výdeje
- pokladny
- banka – evidence výpisů, příprava příkazů, komunikace s bankovním softwarem
- výkazy
- rozpočty
- správa majetku, odpisy

Součástí projektu je vývoj

- 4 interface se zákaznickým systémem
- 2 interface pro komunikaci s bankovním softwarem
- 5 nových sestav

Se systémem bude po zahájení plného provozu pracovat 10 uživatelů:

- agendy účetnictví, výkazy, rozpočty – 5 uživatelů, z toho 2 uživatelé z managementu společnosti
- agendy nákupu a skladů – 2 uživatelé
- agendy prodeje – 1 uživatel
- agendy banky a pokladen – 1 uživatel
- agendy správy majetku – 1 uživatel

V rámci implementace je třeba

- provést analýzu, jak mají být nastaveny parametry jednotlivých agend, aby jejich funkcionalita vyhovovala potřebám společnosti
- provést příslušné nastavení parametrů
- zaškolit uživatele v používání agend
- naplnit základní číselníky konkrétními daty společnosti a provést migraci počátečních stavů, aby byla zachována nezbytná kontinuita účetních a dalších operací

Jednotlivé agendy nového informačního systému nemusí být všechny kompletně k dispozici ke dni následujícímu po ukončení účetních operací v původním informačním systému holdingové společnosti, ale jejich činnost může být zahajována postupně během dalších dní či týdnů s tím, že nesmí být ohrožena fakturace komodit dodávaných odběratelům, nesmí dojít k překročení splatnosti závazků společnosti a musí být dodrženy všechny zákonné lhůty pro povinné výkazy společnosti, tj. zejména termín podání Přiznání k dani z přidané hodnoty. Informační systém pro evidenci a fakturaci dodávek komodit odběratelům (tzv. zákaznický systém) se nemění, na straně ekonomického systému je však třeba připravit nové rozhraní pro import dokladů ze zákaznického systému (předpisy záloh a vystavené faktury) a pro export plateb (zaplacené zálohy, zaplacené faktury) zpět do tohoto systému.

E.1.2. Krok 2 – Dekompozice projektu na činnosti

Při rozkladu projektu na činnosti byly identifikovány následující skupiny činností, které je třeba v rámci projektu vykonat:

Zahajovací činnosti projektu a základní instalace systému, založení uživatelů, nastavení oprávnění:

- Z₀₁ – Zahájení projektu, úvodní schůzka, cíle a rozsah projektu, členové projektového týmu (za dodavatele a zákazníka), harmonogram projektu, projektová dokumentace a pravidla,...
- Z₀₂ – Základní instalace systému - databáze + aplikační software (profily Rutina, Test, Školení)

Analýza a realizace nastavení parametrů systému pro jednotlivé agendy:

- N₀₁ – Analýza a realizace nastavení parametrů pro jádro systému, uživatele, oprávnění
- N₀₂ – Analýza a realizace nastavení parametrů pro účetnictví, výkazy, rozpočty
- N₀₃ – Analýza a realizace nastavení parametrů pro nákup a sklady
- N₀₄ – Analýza a realizace nastavení parametrů pro prodej
- N₀₅ – Analýza a realizace nastavení parametrů pro banku a pokladny
- N₀₆ – Analýza a realizace nastavení parametrů pro správu majetku

Školení uživatelů:

- L₀₁ – Školení uživatelů - účetnictví, výkazy, rozpočty
- L₀₂ – Školení uživatelů - nákup a sklady
- L₀₃ – Školení uživatelů - prodej
- L₀₄ – Školení uživatelů - banka a pokladny
- L₀₅ – Školení uživatelů - správa majetku

Součástí každého školení je i školení základů ovládnání systému.

Školení zaměřené na administraci systému, správu uživatelů a jejich oprávnění není součástí implementace, protože tyto služby bude i po zahájení provozu nového ekonomického systému zajišťovat dodavatel v rámci servisní smlouvy.

U agend, kde není třeba vyvíjet novou funkcionalitu, je školení možné realizovat buď ve školící verzi systému s obecnými školicími daty a s obecnou parametrizací a pak se školení může konat nezávisle na probíhající parametrizaci systému a migraci dat. Nebo může být školení realizované až po základní parametrizaci a migraci tzv. statických dat (viz vysvětlení u činností týkajících se migrace těchto dat). Školení pak probíhá ve školícím profilu systému, který vznikl kopií rutinního profilu systému, který už obsahuje základní data společnosti. Do školícího profilu jsou tam, kde je to nutné, doplněny pro účely školení další údaje, např. modelové doklady (tj. údaje, které jsou jinak předmětem migrace tzv. dynamických dat nebo vznikají až při provozu systému). Pro školitele znamená tento přístup mírný nárůst pracnosti při přípravě na školení, ale pro uživatele je takové školení pochopitelnější, protože se při něm pracuje s údaji, které znají. Podle mých zkušeností je takové školení efektivnější. V případě, kdy školení probíhá ve školící verzi systému s obecnými školicími daty, bývá navíc obvykle potřeba zopakovat s uživateli některé informace a postupy v okamžiku, kdy začnou pracovat s reálnými

daty. Je-li pro to prostor v harmonogramu, může se opakovat krátké školení těsně před zahájením rutinní práce (např. těsně před kontrolou či dílčí akceptací implementace, které by předcházely zahájení rutinního provozu). V tomto projektu však z časových důvodů nebylo možné takové dodatečné školení do harmonogramu zařadit. Pokud by byla zvolena varianta školení s obecnými školicími daty, musely by je nahradit rozšířené konzultace při ověřovacím provozu (viz dále činnosti zahájení rutinního provozu – ověřovací provoz agend).

U agend, kde je součástí implementace vývoj nové funkcionality, je vhodnější, aby školení proběhlo až po té, co je nová funkcionality připravena (v našem případě funkcionality (interface) pro agendu prodeje a banky). V případě vývoje nových sestav (zahrnutých do účetní agendy) bylo rozhodnuto, že vývoj bude zahájen až po proškolení příslušných uživatelů, aby byli schopni lépe specifikovat své požadavky na nové sestavy.

Ve všech případech je však vhodné, aby školení předcházelo migraci tzv. dynamických dat (viz vysvětlení u činností týkajících se migrace těchto dat), protože uživatelé mohou u některých typů migrovaných dat pomoci ve starém systému s přípravou těchto dat pro migraci, protože chápou, jaké jsou požadavky (omezení) na tato data v novém systému.

Při přípravě projektu jsem tedy uvažovala dvě možnosti, kdy může proběhnout školení agendy nákupu a skladů a agendy majetku (kde nebyl plánován žádný vývoj nové funkcionality), a vznikly tak čtyři varianty projektového plánu:

- Varianta V₁** – školení agendy nákupu a skladů i agendy majetku probíhá v školicí kopii rutinní verze systému s již připravenými základními daty společnosti, školení navazuje na parametrizaci a migraci tzv. statických dat
- Varianta V₂** – školení agendy nákupu a skladů probíhá ve školicí verzi systému s obecnými školicími daty, nenavazuje na parametrizaci a migraci tzv. statických dat
 - školení agendy majetku probíhá v školicí kopii rutinní verze systému s již připravenými základními daty společnosti, školení navazuje na parametrizaci a migraci tzv. statických dat
- Varianta V₃** – školení agendy nákupu a skladů probíhá v školicí kopii rutinní verze systému s již připravenými základními daty společnosti, školení navazuje na parametrizaci a migraci tzv. statických dat
 - školení agendy majetku probíhá ve školicí verzi systému s obecnými školicími daty, nenavazuje na parametrizaci a migraci tzv. statických dat

Varianta V₄ – školení agendy nákupu a skladů i agendy majetku probíhá ve školicí verzi systému s obecnými školicími daty, nenavazuje na parametrizaci a migraci tzv. statických dat

Vývoj – interface se zákaznickým systémem:

- D₀₁* – Analýza
- D₀₂* – Programování
- D₀₃* – Testování, dokumentace a zprovoznění

Vývoj – interface s bankovním softwarem:

- D₀₄* – Analýza
- D₀₅* – Programování
- D₀₆* – Testování, dokumentace a zprovoznění

Vývoj – 5 sestav:

- D₀₇* – Analýza
- D₀₈* – Programování
- D₀₉* – Testování, dokumentace a zprovoznění

Naplnění číselníků a migrace tzv. statických dat:

- M₀₁* – Číselníky a tzv. statická data pro účetnictví, výkazy, rozpočty
- M₀₂* – Číselníky a tzv. statická data pro nákup a sklady
- M₀₃* – Číselníky a tzv. statická data pro prodej
- M₀₄* – Číselníky a tzv. statická data pro banku a pokladny
- M₀₅* – Číselníky a tzv. statická data pro správu majetku

Tzv. statickými daty rozumíme různé číselníky a evidence, např. dodavatelů, zákazníků, karty majetku, skladové karty apod., tj. data, která se v horizontu jednoho až dvou týdnů až na ojedinělé výjimky nemění a k jejichž migraci není nutná účetní závěrka. Lze je migrovat ze starého systému do připravovaného nového i před účetní závěrkou a poté udržovat v novém systému v aktuálním stavu (ručním zápisem případných změn) až do zahájení rutinního provozu.

Součástí této činnosti jsou i připravené kontroly zadaných a přenesených dat.

Migrace tzv. dynamických dat ze starého systému

- M₀₆* – Migrace tzv. dynamických dat pro účetnictví
- M₀₇* – Migrace tzv. dynamických dat pro nákup a sklady
- M₀₈* – Migrace tzv. dynamických dat pro prodej

M₀₉ – Migrace tzv. dynamických dat pro banku a pokladny

M₁₀ – Migrace tzv. dynamických dat pro správu majetku

Tzv. dynamickými daty rozumíme data, která v průběhu rutinního provozu běžně vznikají nebo se mění a k jejichž migraci je nutná účetní závěrka. Příkladem jsou různé účetní doklady, faktury, platby apod. Tato data musí být migrována až po účetní závěrce a po jejich migraci by měl systém co nejrychleji naběhnout do rutinního provozu.

Podle dohody zajišťovali export dat ze starého systému pracovníci oddělení IT původní holdingové společnosti. Data připravovali ve struktuře vhodné pro import do nového systému, kterou dostali s dostatečným předstihem (při zahájení projektu). Čas přípravy dat pro import není součástí časového plánu projektu.

Součástí migrace jsou i připravené kontroly přenesených dat.

Zahájení rutinního provozu – ověřovací provoz agend

R₀₁ – Zahájení provozu agend účetnictví, výkazy, rozpočty – 3 dny

R₀₂ – Zahájení provozu agend nákupu a skladů – 2 dny

R₀₃ – Zahájení provozu agendy prodeje – 2 dny

R₀₄ – Zahájení provozu agend banka a pokladny – 1 den

R₀₅ – Zahájení provozu agend správy majetku – 2 dny

Před vlastním zahájením provozu je provedena akceptace všech nastavení a naplnění daty, akceptace funkcionality a odsouhlaseno zahájení rutinního provozu.

Při zahájení prací v novém systému asistuje uživatelům konzultant dodavatele a poskytuje konzultace k řešeným úkolům.

Kontrolní výstupy a ukončení projektu

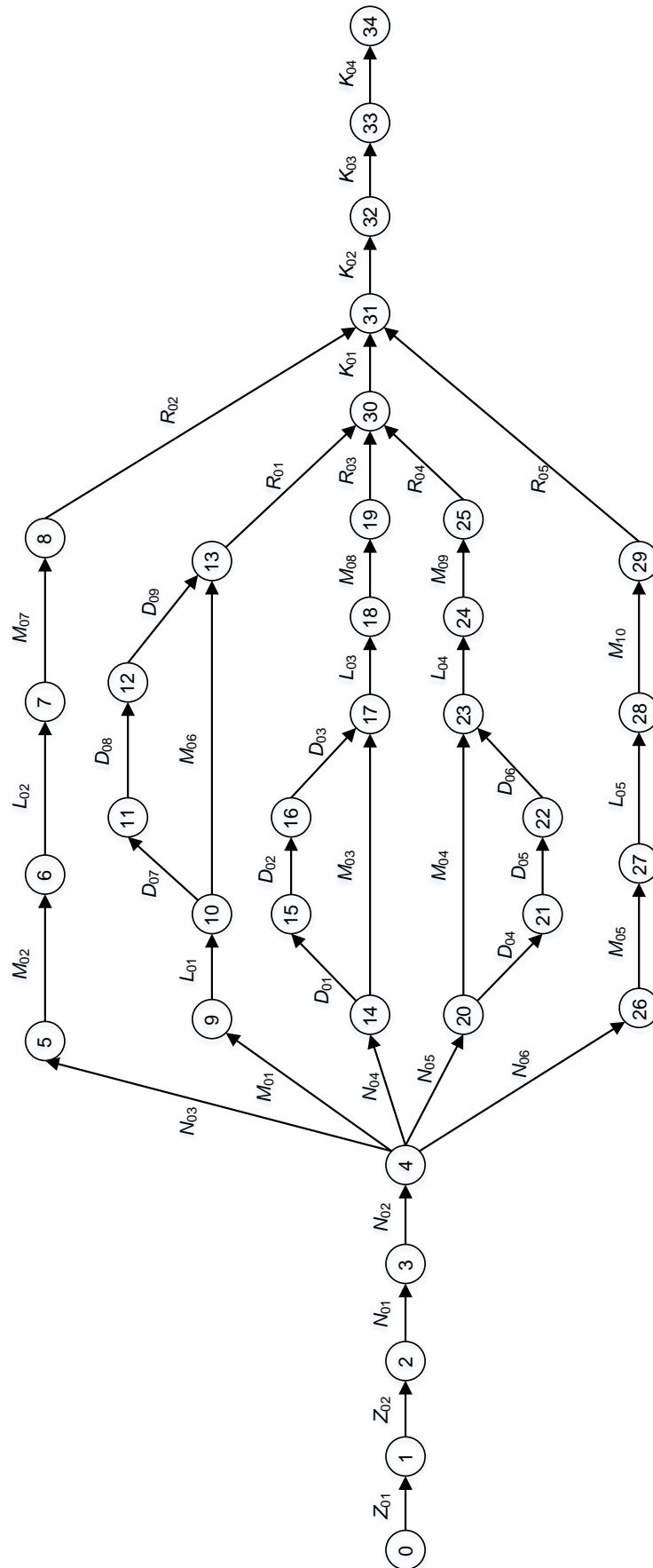
K₀₁ – Zaúčtování faktur přenesených ze zákaznického systému

K₀₂ – Sestavení výkazu Přiznání k DPH

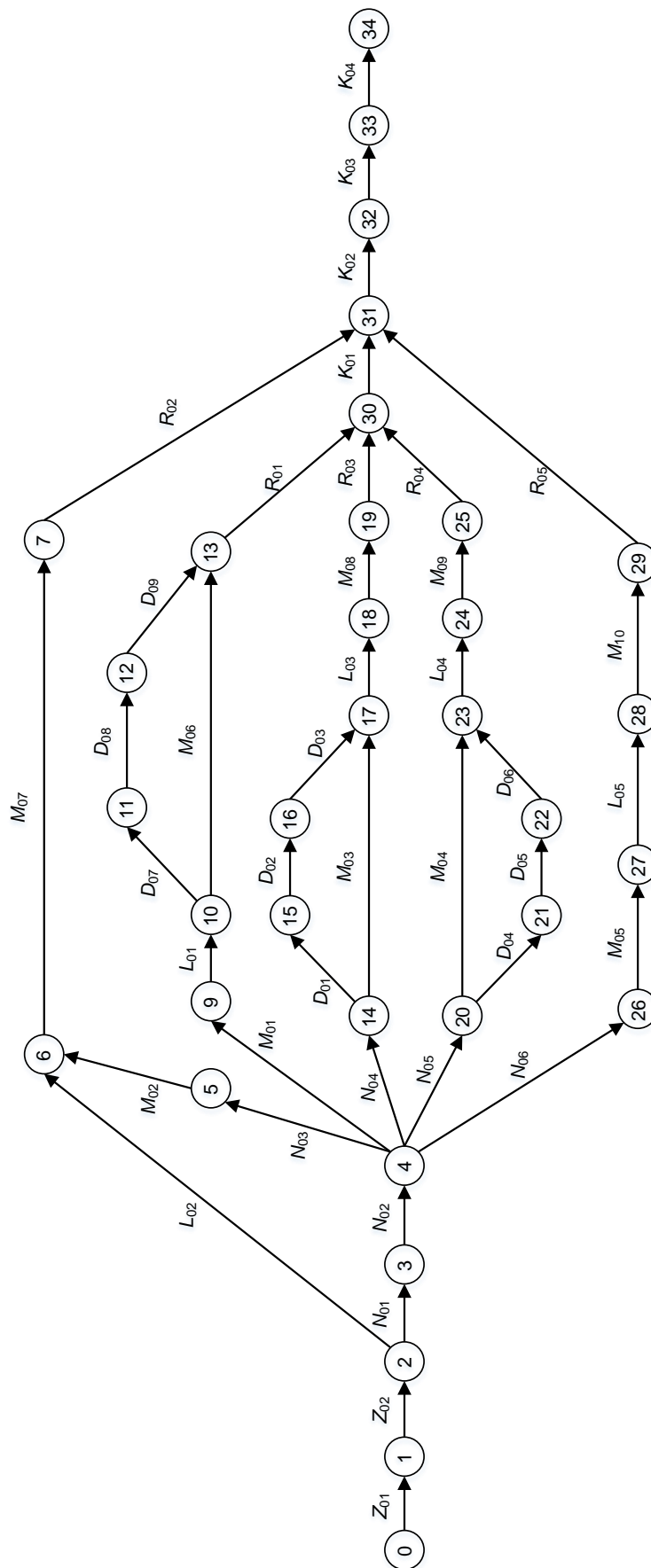
K₀₃ – Sestavení výkazů měsíční závěrky

K₀₄ – Závěrečná akceptace projektu

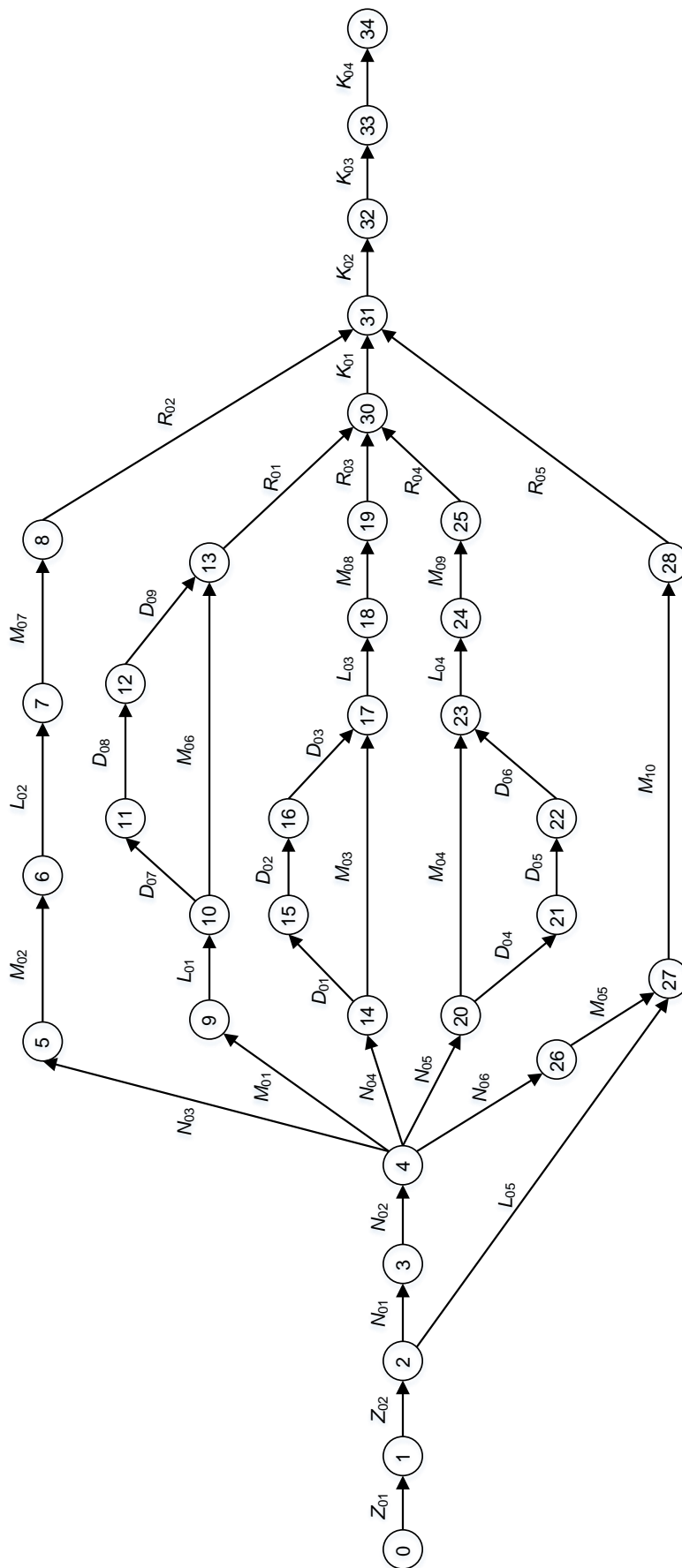
Průběh projektu a návaznosti činností v jednotlivých variantách jsou schematicky znázorněny na obrázcích Obr. E.1, Obr. E.2, Obr. E.3 a Obr. E.4.



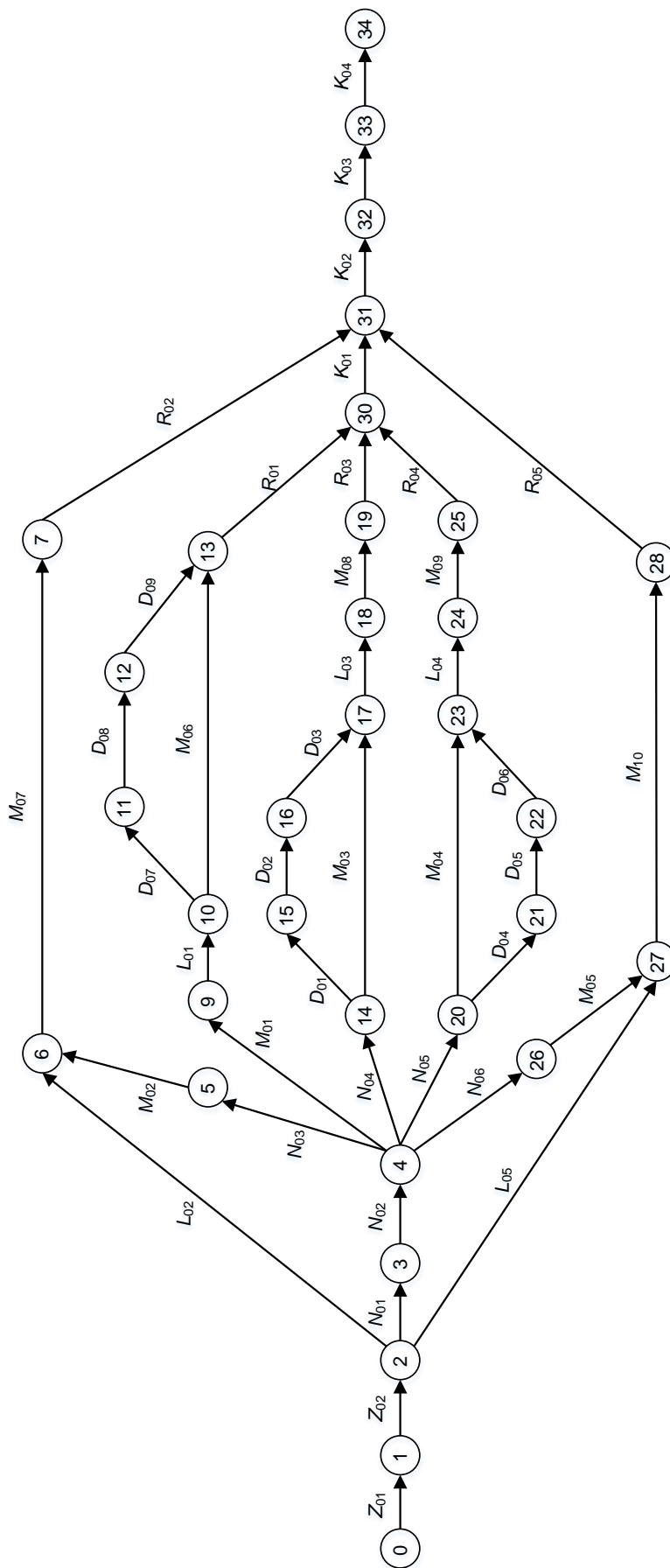
Obr. E.1 Průběh projektu – původní varianta V_1



Obr. E.2 Průběh projektu – původní varianta V₂



Obr. E.3 Průběh projektu – původní varianta V₃



Obr. E.4 Průběh projektu – původní varianta V₄

E.1.3. Krok 3 – Možné doby trvání

Vzhledem ke krátké době trvání projektu byla za základní časovou jednotku pro plánování a řízení projektu zvolena pracovní hodina.

Časy a jim příslušné stupně možnosti jsou pro jednotlivé činnosti a varianty uvedeny v tabulkách Tab. E.1, Tab. E.2, Tab. E.3 a Tab. E.4. Hodnoty jsem odhadla na základě zkušenosti s podobnými projekty a po diskusi s dalšími dvěma členy plánovaného projektového týmu, kteří byli s připravovaným projektem předem seznámeni.

E.1.4. Krok 4 – Způsob stanovení nákladů

Způsob stanovení nákladů pro jednotlivé činnosti a varianty je uveden v tabulkách Tab. E.1, Tab. E.2, Tab. E.3 a Tab. E.4. Pro účely vyhodnocení projektu a posouzení variant byly uvažovány pouze přímé náklady naší společnosti, která dodala a implementovala ekonomický informační systém. Funkce byly proto stanoveny na základě kalkulací používaných v této společnosti.

E.1.5. Krok 5 – Přiřazení zdrojů

V tabulkách Tab. E.1, Tab. E.2, Tab. E.3 a Tab. E.4 jsou jednotlivým činnostem také přiřazeny zdroje, tj. pracovníci společnosti implementující ekonomický informační systém. Vzhledem k tomu, že pro každou oblast byl na straně společnosti, kde se ekonomický informační systém implementoval, určen samostatný uživatel, a že zde tedy nedocházelo ke kumulaci funkcí, a protože bylo dohodnuto, že uživatelé budou pro implementaci plně k dispozici, nebyli k činnostem plánování uživatelé jako další zdroje.

Předpokládalo se, že se na projektu budou podílet tyto pracovníci (zdroje):

- S_1 – Konzultant pro oblast účetnictví, výkazů, rozpočtů
- S_2 – Konzultant pro oblast banky a pokladen
- S_3 – Konzultant pro oblast správy majetku
- S_4 – Konzultant pro oblast prodeje
- S_5 – Konzultant pro oblast nákupu a skladů
- S_6 – Konzultant zodpovědný za instalaci systému, parametrizaci jádra a správu uživatelů a jejich oprávnění
- S_7 – Programátor
- S_8 – Tester a dokumentarista

Varianta V₁

činnost	funkce příslušnosti					funkce nákladů	zdroje
Z ₀₁		$\mu_{Z_{01}}(16)=1$	$\mu_{Z_{01}}(20)=0,8$	$\mu_{Z_{01}}(24)=0,5$	$\mu_{Z_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{Z_{01}}(t)= 20\,000 + 1600 \cdot (t-8)$	S ₁ S ₂ S ₃ S ₄ S ₅ S ₆ S ₇ S ₈ S ₉
Z ₀₂	$\mu_{Z_{02}}(6)=0,3$	$\mu_{Z_{02}}(8)=1$	$\mu_{Z_{02}}(12)=0,7$		$\mu_{Z_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{Z_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S ₆
N ₀₁		$\mu_{N_{01}}(18)=1$	$\mu_{N_{01}}(24)=0,5$		$\mu_{N_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{N_{01}}(t)= 500 \cdot t$	S ₆
N ₀₂		$\mu_{N_{02}}(20)=1$	$\mu_{N_{02}}(24)=0,7$	$\mu_{N_{02}}(28)=0,3$	$\mu_{N_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{N_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S ₁
N ₀₃		$\mu_{N_{03}}(4)=1$	$\mu_{N_{03}}(6)=0,5$		$\mu_{N_{03}}(t)=0$ jinde	$c_{N_{03}}(t)= 500 \cdot t$	S ₅
N ₀₄	$\mu_{N_{04}}(3)=0,3$	$\mu_{N_{04}}(4)=1$	$\mu_{N_{04}}(6)=0,4$		$\mu_{N_{04}}(t)=0$ jinde	$c_{N_{04}}(t)= 500 \cdot t$	S ₄
N ₀₅	$\mu_{N_{05}}(1)=0,3$	$\mu_{N_{05}}(2)=1$	$\mu_{N_{05}}(3)=0,3$		$\mu_{N_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{N_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S ₂
N ₀₆		$\mu_{N_{06}}(10)=1$	$\mu_{N_{06}}(12)=0,8$	$\mu_{N_{06}}(14)=0,5$	$\mu_{N_{06}}(t)=0$ jinde	$c_{N_{06}}(t)= 500 \cdot t$	S ₃
L ₀₁		$\mu_{L_{01}}(8)=1$			$\mu_{L_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{01}}(t)= 500 \cdot t$	S ₁
L ₀₂		$\mu_{L_{02}}(6)=1$	$\mu_{L_{02}}(8)=0,5$		$\mu_{L_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S ₅
L ₀₃		$\mu_{L_{03}}(4)=1$			$\mu_{L_{03}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{03}}(t)= 500 \cdot t$	S ₄
L ₀₄		$\mu_{L_{04}}(4)=1$			$\mu_{L_{04}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{04}}(t)= 500 \cdot t$	S ₂
L ₀₅		$\mu_{L_{05}}(18)=1$	$\mu_{L_{05}}(30)=0,7$		$\mu_{L_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S ₃
D ₀₁		$\mu_{D_{01}}(8)=1$	$\mu_{D_{01}}(10)=0,7$	$\mu_{D_{01}}(12)=0,3$	$\mu_{D_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{01}}(t)= 500 \cdot t$	S ₄
D ₀₂		$\mu_{D_{02}}(6)=1$	$\mu_{D_{02}}(8)=0,7$		$\mu_{D_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S ₇
D ₀₃	$\mu_{D_{03}}(3)=0,5$	$\mu_{D_{03}}(4)=1$	$\mu_{D_{03}}(5)=0,6$		$\mu_{D_{03}}(t)=0$ jinde	pro $t < 4$: $c_{D_{03}}(t)= 400 \cdot t$ pro $t \geq 4$: $c_{D_{03}}(t)= 400 \cdot t + 500 \cdot (t-3)$	S ₈ , S ₇
D ₀₄		$\mu_{D_{04}}(4)=1$	$\mu_{D_{04}}(6)=0,7$	$\mu_{D_{04}}(8)=0,3$	$\mu_{D_{04}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{04}}(t)= 500 \cdot t$	S ₂
D ₀₅		$\mu_{D_{05}}(4)=1$	$\mu_{D_{05}}(5)=0,7$		$\mu_{D_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S ₇
D ₀₆	$\mu_{D_{06}}(1)=0,5$	$\mu_{D_{06}}(2)=1$	$\mu_{D_{06}}(3)=0,6$		$\mu_{D_{06}}(t)=0$ jinde	pro $t = 1$: $c_{D_{06}}(t)= 400 \cdot t$ pro $t \geq 2$: $c_{D_{06}}(t)= 400 \cdot t + 500 \cdot (t-1)$	S ₈ , S ₇
D ₀₇		$\mu_{D_{07}}(24)=1$	$\mu_{D_{07}}(28)=0,7$	$\mu_{D_{07}}(32)=0,5$	$\mu_{D_{07}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{07}}(t)= 500 \cdot t$	S ₁
D ₀₈		$\mu_{D_{08}}(16)=1$	$\mu_{D_{08}}(20)=0,5$	$\mu_{D_{08}}(24)=0,3$	$\mu_{D_{08}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{08}}(t)= 500 \cdot t$	S ₇
D ₀₉	$\mu_{D_{09}}(6)=0,3$	$\mu_{D_{09}}(8)=1$	$\mu_{D_{09}}(12)=0,6$		$\mu_{D_{09}}(t)=0$ jinde	pro $t < 8$: $c_{D_{09}}(t)= 400 \cdot t$ pro $t \geq 8$: $c_{D_{09}}(t)= 400 \cdot t + 500 \cdot (t-6)$	S ₈ , S ₇
M ₀₁		$\mu_{M_{01}}(16)=1$	$\mu_{M_{01}}(20)=0,6$		$\mu_{M_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{01}}(t)= 500 \cdot t$	S ₁
M ₀₂		$\mu_{M_{02}}(8)=1$	$\mu_{M_{02}}(12)=0,6$		$\mu_{M_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S ₅
M ₀₃		$\mu_{M_{03}}(6)=1$	$\mu_{M_{03}}(8)=0,6$		$\mu_{M_{03}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{03}}(t)= 500 \cdot t$	S ₄
M ₀₄		$\mu_{M_{04}}(4)=1$	$\mu_{M_{04}}(6)=0,6$		$\mu_{M_{04}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{04}}(t)= 500 \cdot t$	S ₂

činnost	funkce příslušnosti					funkce nákladů	zdroje
M_{05}		$\mu_{M_{05}}(12)=1$	$\mu_{M_{05}}(20)=0,7$		$\mu_{M_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S_3
M_{06}		$\mu_{M_{06}}(4)=1$	$\mu_{M_{06}}(6)=0,7$	$\mu_{M_{06}}(8)=0,4$	$\mu_{M_{06}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{06}}(t)= 500 \cdot t$	S_1
M_{07}		$\mu_{M_{07}}(4)=1$	$\mu_{M_{07}}(6)=0,5$		$\mu_{M_{07}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{07}}(t)= 500 \cdot t$	S_5
M_{08}		$\mu_{M_{08}}(4)=1$	$\mu_{M_{08}}(6)=0,5$		$\mu_{M_{08}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{08}}(t)= 500 \cdot t$	S_4
M_{09}		$\mu_{M_{09}}(1)=1$	$\mu_{M_{09}}(2)=0,5$		$\mu_{M_{09}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{09}}(t)= 500 \cdot t$	S_2
M_{10}		$\mu_{M_{10}}(32)=1$	$\mu_{M_{10}}(42)=0,8$	$\mu_{M_{10}}(50)=0,5$	$\mu_{M_{10}}(t)=0$ jinde	$c_{M_{10}}(t)= 500 \cdot t$	S_3
R_{01}		$\mu_{R_{01}}(24)=1$	$\mu_{R_{01}}(28)=0,6$	$\mu_{R_{01}}(32)=0,3$	$\mu_{R_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{01}}(t)= 500 \cdot t$	S_1
R_{02}	$\mu_{R_{02}}(12)=0,5$	$\mu_{R_{02}}(16)=1$	$\mu_{R_{02}}(20)=0,5$		$\mu_{R_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S_5
R_{03}	$\mu_{R_{03}}(12)=0,5$	$\mu_{R_{03}}(16)=1$	$\mu_{R_{03}}(20)=0,5$		$\mu_{R_{03}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{03}}(t)= 500 \cdot t$	S_4
R_{04}	$\mu_{R_{04}}(6)=0,5$	$\mu_{R_{04}}(8)=1$			$\mu_{R_{04}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{04}}(t)= 500 \cdot t$	S_2
R_{05}		$\mu_{R_{05}}(24)=1$	$\mu_{R_{05}}(32)=0,5$		$\mu_{R_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S_3
K_{01}		$\mu_{K_{01}}(1)=1$	$\mu_{K_{01}}(2)=0,5$	$\mu_{K_{01}}(3)=0,2$	$\mu_{K_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{K_{01}}(t)= 500 \cdot t$	S_1
K_{02}	$\mu_{K_{02}}(2)=0,7$	$\mu_{K_{02}}(4)=1$	$\mu_{K_{02}}(6)=0,5$		$\mu_{K_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{K_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S_1
K_{03}	$\mu_{K_{03}}(2)=0,7$	$\mu_{K_{03}}(4)=1$	$\mu_{K_{03}}(6)=0,5$		$\mu_{K_{03}}(t)=0$ jinde	$c_{K_{03}}(t)= 500 \cdot t$	S_1
K_{04}		$\mu_{K_{04}}(4)=1$	$\mu_{K_{04}}(6)=0,5$		$\mu_{K_{04}}(t)=0$ jinde	$c_{K_{04}}(t)= 11\,000 + 1600 \cdot (t - 4)$	$S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 S_6 S_9$

Tab. E.1 Varianta V_1 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání

Varianta V_2

činnost	funkce příslušnosti					funkce nákladů	zdroje
L_{02}		$\mu_{L_{02}}(5)=1$	$\mu_{L_{02}}(7)=0,5$		$\mu_{L_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S_5
R_{02}	$\mu_{R_{02}}(14)=0,5$	$\mu_{R_{02}}(18)=1$	$\mu_{R_{02}}(22)=0,5$		$\mu_{R_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S_5

Tab. E.2 Varianta V_2 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1

Varianta V_3

činnost	funkce příslušnosti					funkce nákladů	zdroje
L_{05}		$\mu_{L_{05}}(14)=1$	$\mu_{L_{05}}(26)=0,7$		$\mu_{L_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S_3
R_{05}		$\mu_{R_{05}}(28)=1$	$\mu_{R_{05}}(40)=0,5$		$\mu_{R_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S_3

Tab. E.3 Varianta V_3 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1

Varianta V_4

činnost	funkce příslušnosti					funkce nákladů	zdroje
L_{02}		$\mu_{L_{02}}(5)=1$	$\mu_{L_{02}}(7)=0,5$		$\mu_{L_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S_5
L_{05}		$\mu_{L_{05}}(14)=1$	$\mu_{L_{05}}(26)=0,7$		$\mu_{L_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S_3
R_{02}	$\mu_{R_{02}}(14)=0,5$	$\mu_{R_{02}}(18)=1$	$\mu_{R_{02}}(22)=0,5$		$\mu_{R_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S_5
R_{05}		$\mu_{R_{05}}(28)=1$	$\mu_{R_{05}}(40)=0,5$		$\mu_{R_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S_3

Tab. E.4 Varianta V_4 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1

E.1.6. Krok 6 – Vyhodnocení rizika přetížení zdrojů

Postupem popsaným v kapitole 6.3 bylo vyhodnoceno zatížení jednotlivých zdrojů. Ukázalo se, že v několika případech vážným způsobem hrozí přetížení zdrojů a je nutné provést přeplánování nebo jiné přiřazení zdrojů. Přetížení zdrojů hrozilo pro tyto zdroje a činnosti:

Zdroj S_1 – činnosti D_{07} a M_{06}

Přetížení hrozí ve všech variantách, začátek obou činností byl plánován na stejný okamžik.

Řešení: Bylo rozhodnuto, že s realizací činnosti M_{06} pomůže zdroj S_3 , který bude v té době již volný.

Tím se eliminuje případné přetížení zdroje S_1 .

Zdroj S_4 – činnosti D_{01} a M_{03}

Přetížení hrozí ve všech variantách, začátek obou činností byl plánován na stejný okamžik.

Řešení: Bylo zjištěno, že je možné posunout zahájení činnosti M_{03} tak, aby časově navazovalo na ukončení činnosti D_{01} , aniž by tím došlo k prodloužení doby trvání projektu.

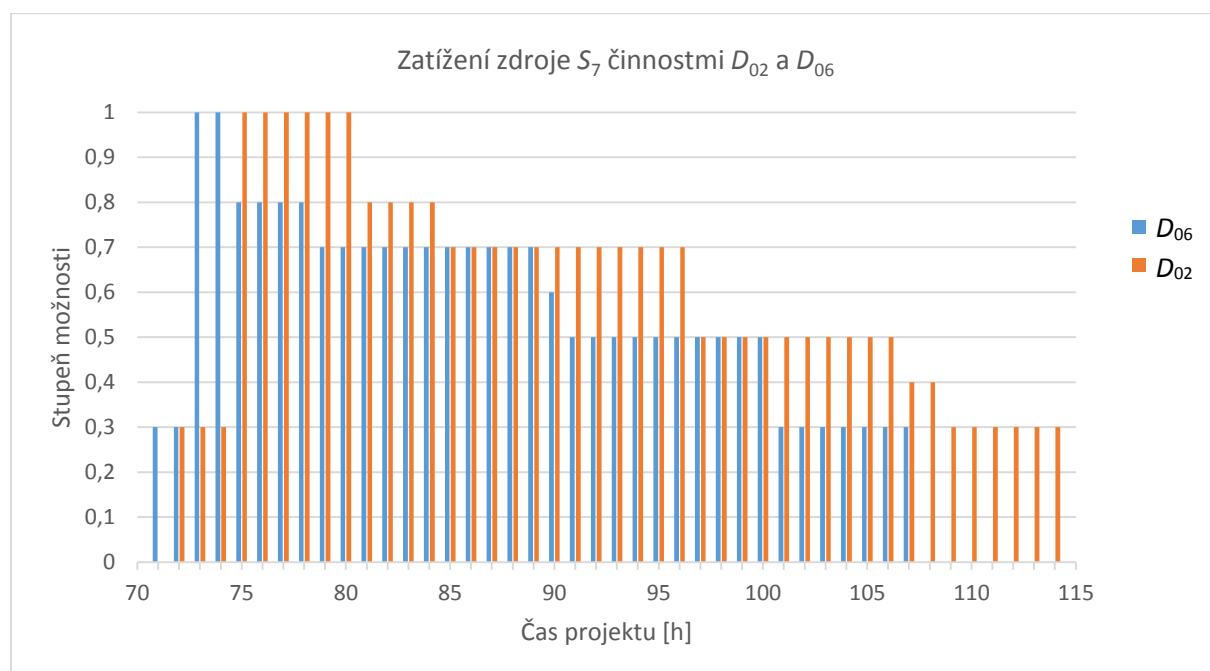
Zdroj S_2 – činnosti D_{04} a M_{04}

Přetížení hrozí ve všech variantách, začátek obou činností byl plánován na stejný okamžik.

Řešení: Bylo zjištěno, že je možné posunout zahájení činnosti M_{04} tak, aby časově navazovalo na ukončení činnosti D_{04} , aniž by tím došlo k prodloužení doby trvání projektu.

Zdroj S_7 – činnosti D_{06} a D_{02}

Přetížení hrozí ve všech variantách, hrozba přetížení je znázorněna na Obr. E.5.



Obr. E.5 Riziko přetížení zdroje S_7

Výška sloupce označuje stupeň možnosti, že bude zdroj v konkrétním čase zatížen danou činností. V čase, pro který existují sloupce příslušné oběma činnostem, hrozí riziko přetížení zdroje. Toto riziko je tím větší, čím jsou sloupce vyšší. Z obrázku Obr. E.5 je patrná výhoda fuzzy přístupu, který jsem použila pro plánování projektu. V případě deterministického výpočtu plánu projektu, kterému odpovídají hodnoty se stupněm možnosti rovným jedné, by se přetížení zdroje S_7 vůbec neodhalilo. Při použití fuzzy přístupu se naopak ukazuje, že v 75. až 78. hodině hrozí přetížení zdroje s velmi vysokým stupněm možnosti 0,8, v 79. až 89. hodině hrozí jeho přetížení se stále ještě vysokým stupněm možnosti 0,7, v 90. hodině hrozí přetížení se stupněm možnosti 0,6, v 91. až 100. hodině hrozí přetížení se stupněm možnosti 0,5 a ve 101. až 107. hodině hrozí přetížení se stupněm možnosti 0,3. Záleží na vedoucím projektu a okolnostech, na jakou míru rizika lze v konkrétním případě přistoupit, nicméně riziko přetížení charakterizované vyšším stupněm možnosti je určitě žádoucí eliminovat.

Řešení: Možností, jak řešit takové přetížení zdroje, je více. Vzhledem ke konkrétní situaci a možnostem byly zvažovány následující dva způsoby řešení. Buď bylo možné posunout zahájení činnosti D_{02} tak, aby časově navazovalo na ukončení činnosti D_{06} , nebo bylo možné doplnit projektový tým o dalšího pracovníka, tj. použít nový zdroj S_{10} , který by byl přiřazen k činnosti D_{02} a k navazující činnosti D_{03} .

V prvním případě při posunu zahájení činnosti D_{02} v čase narostla hrozba přetížení zdroje S_7 činností D_{03} , která bezprostředně navazuje na činnost D_{02} , a činností D_{08} . Bylo tedy nutné uvažovat i posun zahájení činnosti D_{08} tak, aby časově navazovalo na ukončení činnosti D_{03} . Z předběžných výpočtů bylo však patrné, že tím dojde k prodloužení doby trvání celého projektu.

Druhý případ znamenal využití služeb externího programátora, se kterým naše společnost občas spolupracuje. Přitom bylo potřeba počítat s tím, že na vykonání činností, které mu budou přiděleny, bude potřebovat delší čas než interní programátor, protože se bude muset s konkrétní aplikací seznámit. Současně dojde i k navýšení jednotkových nákladů, protože náklady na externího pracovníka jsou vyšší než na interního. Z předběžných výpočtů se však dalo očekávat, že by v tomto případě nemělo dojít k významnějšímu prodloužení doby trvání celého projektu.

Pro další postup byly uvažovány obě možnosti a vznikly tak další možné varianty projektu.

V případě přeplánování byl pro výpočet začátku činnosti D_{02} a následně i činnosti D_{08} využit postup odvozený v kapitole 6.3.6. Před činností D_{02} byla zařazena fiktivní činnost F_{01} , jejíž doba trvání byla určena s využitím vztahu (6.3.19) pro překrývající se činnosti D_{06} a D_{02} . Následně byla před činností D_{08} zařazena fiktivní činnost F_{02} , jejíž doba trvání byla určena s využitím vztahu (6.3.19) pro překrývající se činnosti D_{03} a D_{08} . V tabulce Tab. E.5 jsou uvedeny časy a jim příslušné stupně možnosti pro obě fiktivní činnosti. Tyto fiktivní činnosti, které slouží pro

časové přeplánování činností tak, aby se snížilo riziko přetížení zdrojů, nejsou spojeny s žádnými náklady a nejsou jim přiřazeny žádné zdroje.

činnost	funkce příslušnosti							funkce nákladů	zdroje
	$\mu_{F_{01}}(0)=1$	$\mu_{F_{01}}(4)=0,8$	$\mu_{F_{01}}(15)=0,7$	$\mu_{F_{01}}(16)=0,6$	$\mu_{F_{01}}(26)=0,5$	$\mu_{F_{01}}(33)=0,3$	$\mu_{F_{01}}(t)=0$ jinde		
F_{01}	$\mu_{F_{01}}(0)=1$	$\mu_{F_{01}}(4)=0,8$	$\mu_{F_{01}}(15)=0,7$	$\mu_{F_{01}}(16)=0,6$	$\mu_{F_{01}}(26)=0,5$	$\mu_{F_{01}}(33)=0,3$	$\mu_{F_{01}}(t)=0$ jinde	$c_{F_{01}}(t)=0$	–
F_{02}	$\mu_{F_{02}}(0)=1$	$\mu_{F_{02}}(5)=0,7$	$\mu_{F_{02}}(7)=0,6$	$\mu_{F_{02}}(27)=0,5$	$\mu_{F_{02}}(29)=0,4$	$\mu_{F_{02}}(42)=0,3$	$\mu_{F_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{F_{02}}(t)=0$	–

Tab. E.5 Varianta V_1, V_2, V_3, V_4 : doplněné fiktivní činnosti použité k přeplánování činností tak, aby se eliminovalo riziko přetížení zdroje S_7 a funkce příslušnosti jejich dob trvání

Tím, že se vzala v úvahu i možnost využít pro činnosti D_{02} a D_{03} externího programátora, došlo k navýšení počtu možných variant projektu na dvojnásobek a vznikly varianty V_5, V_6, V_7 a V_8 s novým zdrojem S_{10} . V tabulkách Tab. E.6, Tab. E.7, Tab. E.8 a Tab. E.9, jsou pro nové varianty V_5, V_6, V_7 a V_8 uvedeny činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, kterými se tyto varianty liší od varianty V_1 .

Varianta V_5

činnost	funkce příslušnosti					funkce nákladů	zdroje
	$\mu_{D_{02}}(18)=1$	$\mu_{D_{02}}(21)=0,7$	$\mu_{D_{02}}(t)=0$ jinde	$\mu_{D_{03}}(3)=0,5$	$\mu_{D_{03}}(6)=1$		
D_{02}	$\mu_{D_{02}}(18)=1$	$\mu_{D_{02}}(21)=0,7$	$\mu_{D_{02}}(t)=0$ jinde			$c_{D_{02}}(t)=1000 \cdot t$	S_{10}
D_{03}	$\mu_{D_{03}}(3)=0,5$	$\mu_{D_{03}}(6)=1$	$\mu_{D_{03}}(10)=0,6$			pro $t < 4$: $c_{D_{03}}(t)=400 \cdot t$ pro $t \geq 4$: $c_{D_{03}}(t)=400 \cdot t + 1000 \cdot (t-3)$	S_8, S_{10}

Tab. E.6 Varianta V_5 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1

Varianta V_6

činnost	funkce příslušnosti					funkce nákladů	zdroje		
	$\mu_{L_{02}}(5)=1$	$\mu_{L_{02}}(7)=0,5$	$\mu_{L_{02}}(t)=0$ jinde	$\mu_{D_{02}}(18)=1$	$\mu_{D_{02}}(21)=0,7$			$\mu_{D_{02}}(t)=0$ jinde	$\mu_{D_{03}}(3)=0,5$
L_{02}	$\mu_{L_{02}}(5)=1$	$\mu_{L_{02}}(7)=0,5$	$\mu_{L_{02}}(t)=0$ jinde			$c_{L_{02}}(t)=500 \cdot t$	S_5		
D_{02}	$\mu_{D_{02}}(18)=1$	$\mu_{D_{02}}(21)=0,7$	$\mu_{D_{02}}(t)=0$ jinde			$c_{D_{02}}(t)=1000 \cdot t$	S_{10}		
D_{03}	$\mu_{D_{03}}(3)=0,5$	$\mu_{D_{03}}(6)=1$	$\mu_{D_{03}}(10)=0,6$			pro $t < 4$: $c_{D_{03}}(t)=400 \cdot t$ pro $t \geq 4$: $c_{D_{03}}(t)=400 \cdot t + 1000 \cdot (t-3)$	S_8, S_{10}		
R_{02}	$\mu_{R_{02}}(14)=0,5$	$\mu_{R_{02}}(18)=1$	$\mu_{R_{02}}(22)=0,5$			$c_{R_{02}}(t)=500 \cdot t$	S_5		

Tab. E.7 Varianta V_6 : činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V_1

Varianta V₇

činnost	funkce příslušnosti				funkce nákladů	zdroje	
L ₀₅		$\mu_{L_{05}}(14)=1$	$\mu_{L_{05}}(26)=0,7$		$\mu_{L_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S ₃
D ₀₂		$\mu_{D_{02}}(18)=1$	$\mu_{D_{02}}(21)=0,7$		$\mu_{D_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{02}}(t)= 1000 \cdot t$	S ₁₀
D ₀₃	$\mu_{D_{03}}(3)=0,5$	$\mu_{D_{03}}(6)=1$	$\mu_{D_{03}}(10)=0,6$		$\mu_{D_{03}}(t)=0$ jinde	pro $t < 4$: $c_{D_{03}}(t)= 400 \cdot t$ pro $t \geq 4$: $c_{D_{03}}(t)= 400 \cdot t + 1000 \cdot (t-3)$	S ₈ , S ₁₀
R ₀₅		$\mu_{R_{05}}(28)=1$	$\mu_{R_{05}}(40)=0,5$		$\mu_{R_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S ₃

Tab. E.8 Varianta V₇: činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V₁

Varianta V₈

činnost	funkce příslušnosti				funkce nákladů	zdroje	
L ₀₂		$\mu_{L_{02}}(5)=1$	$\mu_{L_{02}}(7)=0,5$		$\mu_{L_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S ₅
L ₀₅		$\mu_{L_{05}}(14)=1$	$\mu_{L_{05}}(26)=0,7$		$\mu_{L_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{L_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S ₃
D ₀₂		$\mu_{D_{02}}(18)=1$	$\mu_{D_{02}}(21)=0,7$		$\mu_{D_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{D_{02}}(t)= 1000 \cdot t$	S ₁₀
D ₀₃	$\mu_{D_{03}}(3)=0,5$	$\mu_{D_{03}}(6)=1$	$\mu_{D_{03}}(10)=0,6$		$\mu_{D_{03}}(t)=0$ jinde	pro $t < 4$: $c_{D_{03}}(t)= 400 \cdot t$ pro $t \geq 4$: $c_{D_{03}}(t)= 400 \cdot t + 1000 \cdot (t-3)$	S ₈ , S ₁₀
R ₀₂	$\mu_{R_{02}}(14)=0,5$	$\mu_{R_{02}}(18)=1$	$\mu_{R_{02}}(22)=0,5$		$\mu_{R_{02}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{02}}(t)= 500 \cdot t$	S ₅
R ₀₅		$\mu_{R_{05}}(28)=1$	$\mu_{R_{05}}(40)=0,5$		$\mu_{R_{05}}(t)=0$ jinde	$c_{R_{05}}(t)= 500 \cdot t$	S ₃

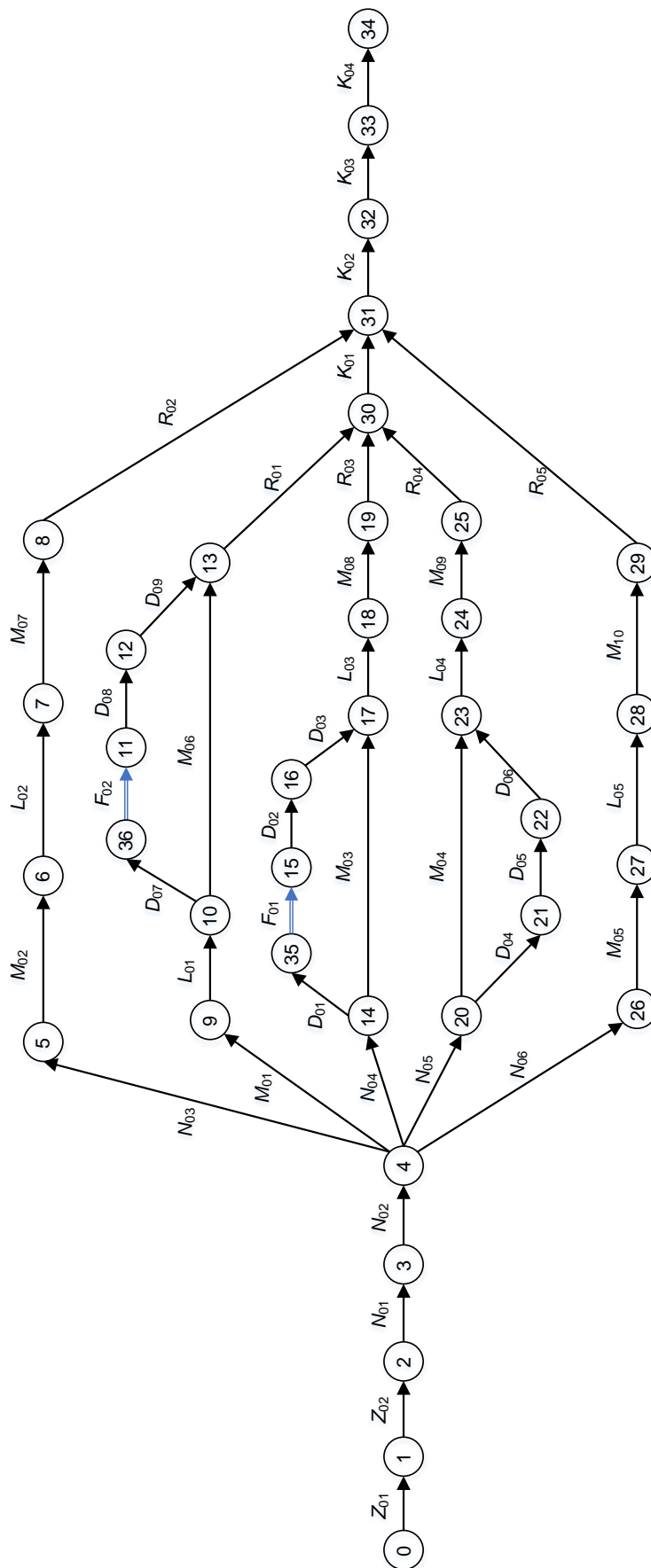
Tab. E.9 Varianta V₈: činnosti a funkce příslušnosti jejich dob trvání, které se liší od varianty V₁

E.1.7. Krok 7 - Určení celkové doby trvání a celkových nákladů projektu

Pro každou variantu V₁ až V₈ byly s využitím vztahů uvedených v kapitole 6.2.1. určeny možné celkové doby trvání projektu včetně stupňů možnosti, s jakými mohou nastat, a s využitím vztahů odvozených v kapitole 6.2.2. byly stanoveny možné celkové náklady projektu, opět včetně stupňů možnosti, s jakými je bude třeba vynaložit. Dále uvádíme jen nejdůležitější průběžné i celkové výsledky výpočtů.

Varianta V₁:

Tato varianta projektu vznikla z původní varianty V₁, do které byly v předchozím Kroku 6 jako reakce na hrozící přetížení zdroje S₇ doplněny fiktivní činnosti F₀₁ a F₀₂.



Obr. E.6 Průběh projektu – upravená varianta V_1

V této variantě projektu, jejíž průběh je schematicky znázorněn na Obr. E.6, bylo identifikováno osm cest, které jsme označili P_1 až P_8 . Cesty se sestávají z dále uvedených činností

$$P_1 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_2 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, F_{02}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_4 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, F_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_8 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

S využitím vzorce (6.2.2) určíme funkci příslušnosti μ_{P_i} pro doby trvání jednotlivých cest P_i , kde $i = 1, 2, \dots, 8$ a porovnáme mezi sebou délky jednotlivých cest, tj. stanovíme, s jakým stupněm možnosti je jedna cesta delší než druhá. Dále pak podle vzorce (6.2.3) určíme pro jednotlivé cesty, s jakým stupněm možnosti se stanou kritickou cestou.

V tabulce Tab. E.10 jsou shrnuty nejdůležitější výsledky výpočtů týkající se možných dob trvání pro jednotlivé cesty a v následující tabulce Tab. E.11 jsou uvedeny výsledky porovnání délek jednotlivých cest.

cesta	možné doby trvání T_i cesty P_i a příslušné stupně možnosti μ				
	doba T_i pro $\mu_{T_i}=1$	minimální T_i s $\mu_{T_i}>0$		maximální T_i s $\mu_{T_i}>0$	
		$\min T_i$	$\mu_{\min T_i}$	$\max T_i$	$\mu_{\max T_i}$
P_1	112	102	0,3	158	0,3
P_2	171	163	0,3	279	0,2
P_3	127	121	0,3	177	0,2
P_4	121	109	0,3	203	0,2
P_5	117	106	0,3	165	0,2
P_6	98	89	0,3	140	0,2
P_7	100	90	0,3	142	0,2
P_8	170	164	0,3	268	0,3

Tab. E.10 Varianta V_1 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8$	P_i je kritická		
										mimo P_2	mimo P_2 a P_8
$\mu_{P_1 >= P_i}$	1,0	0,0	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	0,0	$\mu_C(P_1) = 0,0$	$\mu_C(P_1) = 0,0$	$\mu_C(P_1) = 0,7$
$\mu_{P_2 >= P_i}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_2) = 1,0$	-	-
$\mu_{P_3 >= P_i}$	1,0	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	$\mu_C(P_3) = 0,4$	$\mu_C(P_3) = 0,5$	$\mu_C(P_3) = 1,0$
$\mu_{P_4 >= P_i}$	1,0	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	$\mu_C(P_4) = 0,5$	$\mu_C(P_4) = 0,5$	$\mu_C(P_4) = 0,8$
$\mu_{P_5 >= P_i}$	1,0	0,3	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	0,3	$\mu_C(P_5) = 0,3$	$\mu_C(P_5) = 0,3$	$\mu_C(P_5) = 0,7$
$\mu_{P_6 >= P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,6	1,0	0,8	0,0	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,5$
$\mu_{P_7 >= P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,7	1,0	1,0	0,0	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,5$
$\mu_{P_8 >= P_i}$	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_8) = 0,8$	$\mu_C(P_8) = 1,0$	-

Tab. E.11 Varianta V_1 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

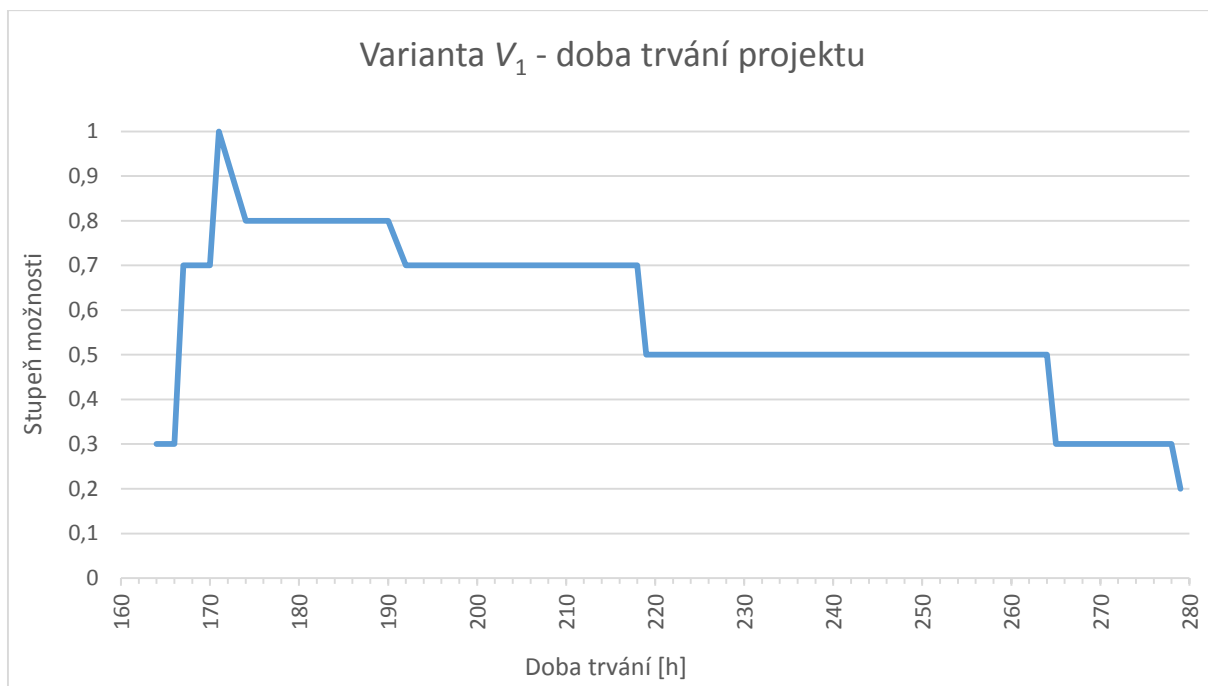
Z tabulky Tab. E.11 je zřejmé, že cesty P_2 a P_8 jsou výrazně delší než ostatní cesty. Cesta P_2 je s největším stupněm možnosti cestou kritickou, cesta P_8 má druhý nejvyšší stupeň možnosti, že se stane kritickou, zatímco u ostatních cest je stupeň možnosti, že se stanou kritickou cestou, mnohem nižší. Aby bylo možné lépe porovnat ostatní cesty mezi sebou, byly do tabulky doplněny ještě sloupce, které ukazují stupeň možnosti, že by se příslušná cesta mohla stát kritickou, kdybychom neuvažovali cestu P_2 (popř. kdyby se zásadním způsobem doba trvání cesty P_2 zkrátila), resp. kdybychom neuvažovali cesty P_2 a P_8 . Vidíme, že mezi ostatními cestami už tak velké rozdíly nejsou.

Nakonec ještě s využitím vztahů (D.2), (D.3) a (D.8) určíme funkci příslušnosti pro dobu T trvání projektu

	stupeň možnosti μ_T	minimální doba T_{\min} [h]	maximální doba T_{\max} [h]
doba trvání kratší než doba s $\mu_T=1$	0,3	164	166
	0,7	167	170
doba trvání s $\mu_T=1$	1	171	171
doba trvání delší než doba s $\mu_T=1$	0,8	174	190
	0,7	192	218
	0,5	219	264
	0,3	265	278
	0,2	279	279

Tab. E.12 Varianta V_1 : doba trvání projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaká doba trvání projektu se dá očekávat a jaká je možnost, že projekt bude danou dobu trvat, je znázorněna na obrázku Obr. E.7.



Obr. E.7 Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_1

Vidíme, že s nejvyšším stupněm možnosti bude projekt trvat 171 pracovních hodin. Podle metodiky naší společnosti se pracuje při výpočtech s 6 hodinami, které pracovníci denně maximálně věnují projektu, protože se počítá s tím, že kromě nezbytné režijní práce musí konzultanti i další pracovníci občas poskytovat služby i pro servis již implementovaných projektů. V souladu s touto metodikou by tedy projekt trval s nejvyšším stupněm možnosti 28,5 dne, tedy téměř 6 týdnů. S poměrně vysokým stupněm možnosti 0,5 však může trvat 264 pracovních hodin, tj. při uvažovaném možném denním fondu 44 pracovních dní, tedy téměř 9 týdnů. Při nejhorším možném uvažovaném vývoji by projekt mohl trvat 279 hodin, tj. 46,5 dne a tedy téměř 9,5 týdne.

S ohledem na požadované termíny projektu je celková doba i doba jednotlivých cest této varianty projektu akceptovatelná, nejdelší cesta projektu se týká funkcionality prodeje, která musí být kompletně k dispozici až v 10. týdnu od zahájení projektu.

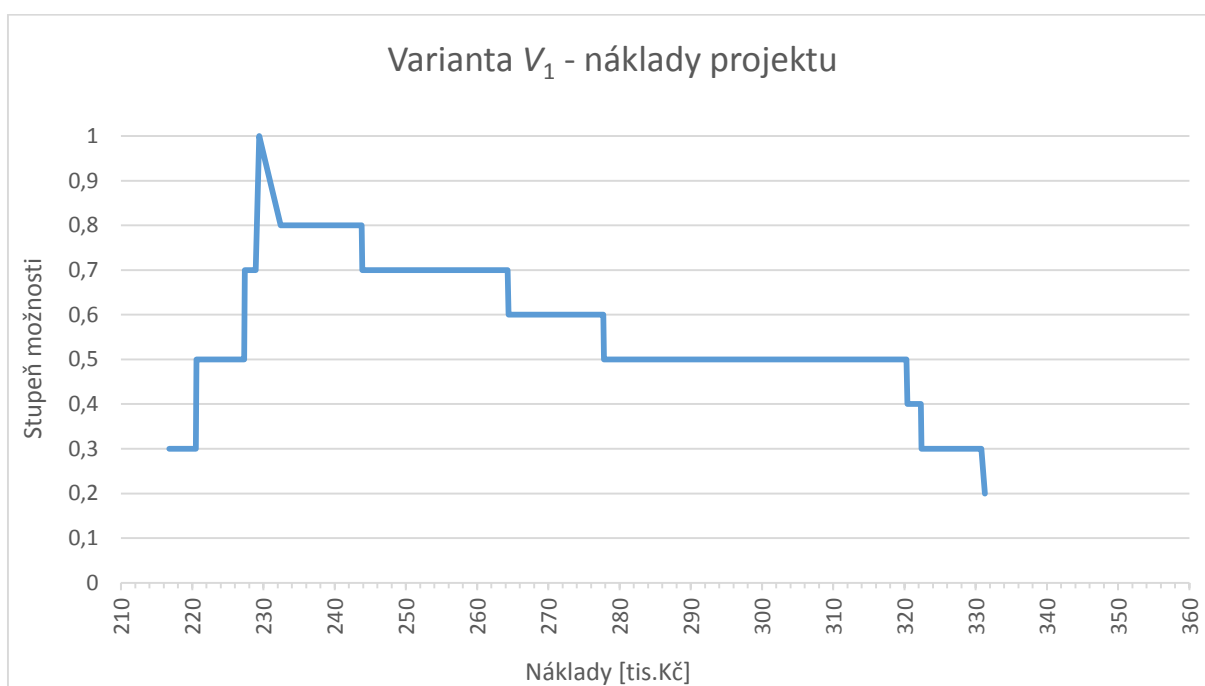
V dalším kroku určíme náklady spojené s realizací této varianty projektu. K výpočtům jsme využili vztahy (6.2.9) a (6.2.10) odvozené v kapitole 6.2.2 .

	stupeň možnosti μ_C	minimální náklady C_{\min} [tis. Kč]	maximální náklady C_{\max} [tis. Kč]
náklady nižší než náklady s $\mu_C=1$	0,3	216,8	220,5
	0,5	220,6	227,3
	0,7	227,4	228,9
náklady s $\mu_C=1$	1	229,4	229,4

	stupeň možnosti μ_C	minimální náklady C_{\min} [tis. Kč]	maximální náklady C_{\max} [tis. Kč]
náklady vyšší než náklady s $\mu_C=1$	0,8	232,4	243,8
	0,7	243,9	264,3
	0,6	264,4	277,7
	0,5	277,8	320,3
	0,4	320,4	322,3
	0,3	322,4	330,8
	0,2	331,3	331,3

Tab. E.13 Varianta V_1 : náklady projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaké hodnoty nákladů na projekt se dají očekávat a jaká je možnost, že je bude nutné vynaložit, je znázorněna na obrázku Obr. E.8.

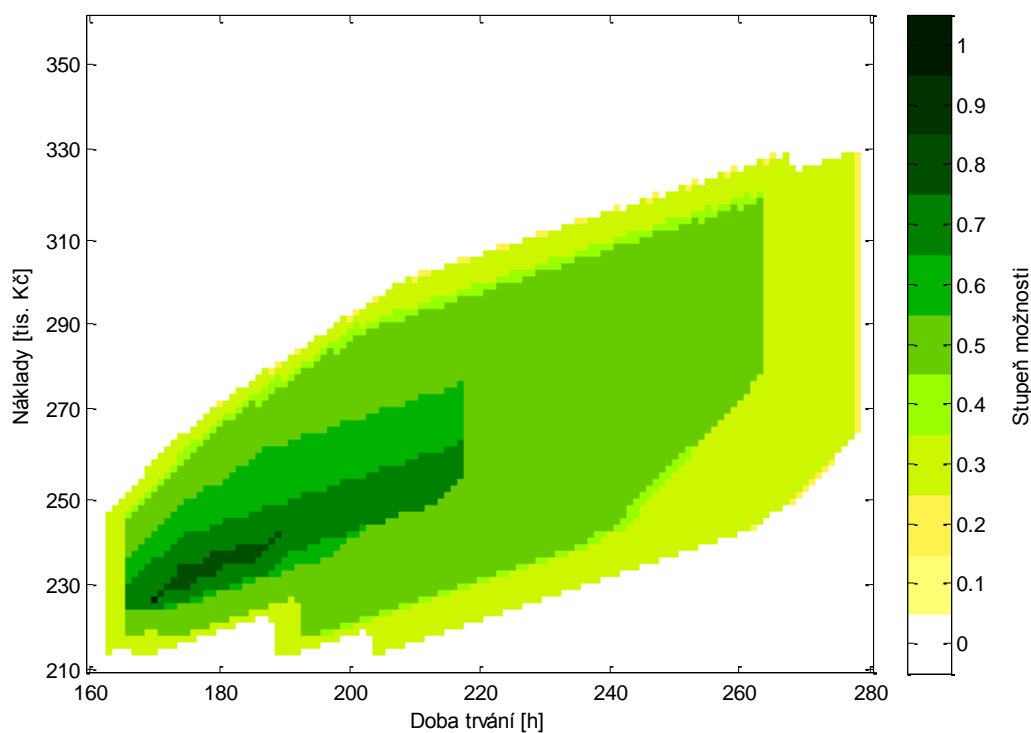


Obr. E.8 Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_1

Nejvyšší stupeň možnosti má hodnota celkových nákladů 229 400 Kč. Z grafu na obrázku Obr. E.8 je také zřejmé, že lze spíše očekávat, že náklady budou vyšší než tato částka, než že budou nižší. To odpovídá pesimističtějšímu odhadu trvání jednotlivých činností, kdy jsem předpokládala, že činnosti budou trvat spíše déle, než po dobu, kterou jsem ohodnotila nejvyšším stupněm možnosti, než že budou dokončeny dříve.

S ohledem na smluvní podmínky, které se v době přípravy projektu finalizovaly, byly uvedené hodnoty nákladů akceptovatelné, nebyl tedy ani z hlediska plánovaných nákladů důvod vyřadit variantu V_1 z dalšího posuzování.

V předchozích odstavcích jsme diskutovali samostatně průběh funkce příslušnosti celkové doby trvání projektu a samostatně průběh funkce příslušnosti celkových projektových nákladů. Tyto charakteristiky však spolu úzce souvisí a navržená metoda umožňuje posuzovat projekt současně z obou hledisek, časového i nákladového. Obrázek Obr. E.9 představuje vrstevnicový graf funkce příslušnosti jako funkce dvou proměnných, a to doby trvání a nákladů projektu, pro variantu V_1 .



Obr. E.9 Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_1

Funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu nabývá pouze diskrétních hodnot, kterým byly přiřazeny různě barevné odstíny. Nejtmavší zeleno-černá barva přísluší nejvyššímu stupni možnosti (tj. hodnotě 1,0), s klesajícím stupněm možnosti postupně barva světlá a přechází od zelené ke žluté. Bílá barva odpovídá nulovému stupni možnosti (tj. hodnotě 0,0).

Vrstevnicový graf je pro znázornění průběhu funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu vhodnější než klasické znázornění jejího průběhu v prostoru, protože z vrstevnicového grafu jsou lépe patrné možné doby trvání a náklady projektu. Oblast možných hodnot doby trvání a nákladů projektu je dána celkovou barevnou plochou. Jak už bylo řečeno, každá barva odpovídá jednomu stupni možnosti a čím je barva tmavší, tím je vyšší stupeň možnosti, že projekt bude mít odpovídající dobu trvání a náklady. Funkce příslušnosti nabývá své maximální hodnoty 1,0 v jediném bodě, který má nejtmavší barvu a který odpovídá deterministickému způsobu plánování projektu. Velké plochy znamenají velkou mírou neurčitosti se stupněm možnosti, který je dán barvou plochy. Protáhlejší plocha ve vodorovném směru znamená větší neurčitost v době trvání projektu, protáhlejší plocha ve svislém směru znamená větší neurčitost ve výši nákladů. Skokové změny patrné ve spodní části grafu zejména pro hodnoty

stupně možnosti 0,3 a 0,5 odpovídají zohledněnému posunutí začátku některých činností tak, aby se eliminovalo možné přetížení programátora.

Varianta V₂:

Tato varianta projektu vznikla z původní varianty V₂, do které byly v Kroku 6 jako reakce na hrozící přetížení zdroje S₇ doplněny fiktivní činnosti F₀₁ a F₀₂.

Průběh varianty V₂ je schematicky znázorněn na Obr. E.10, a bylo v něm identifikováno devět cest, které jsme označili P_{1a} (upravená cesta P₁ z varianty V₁), P₂ až P₉. Cesty se sestávají z dále uvedených činností

$$P_{1a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_2 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, F_{02}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_4 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, F_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

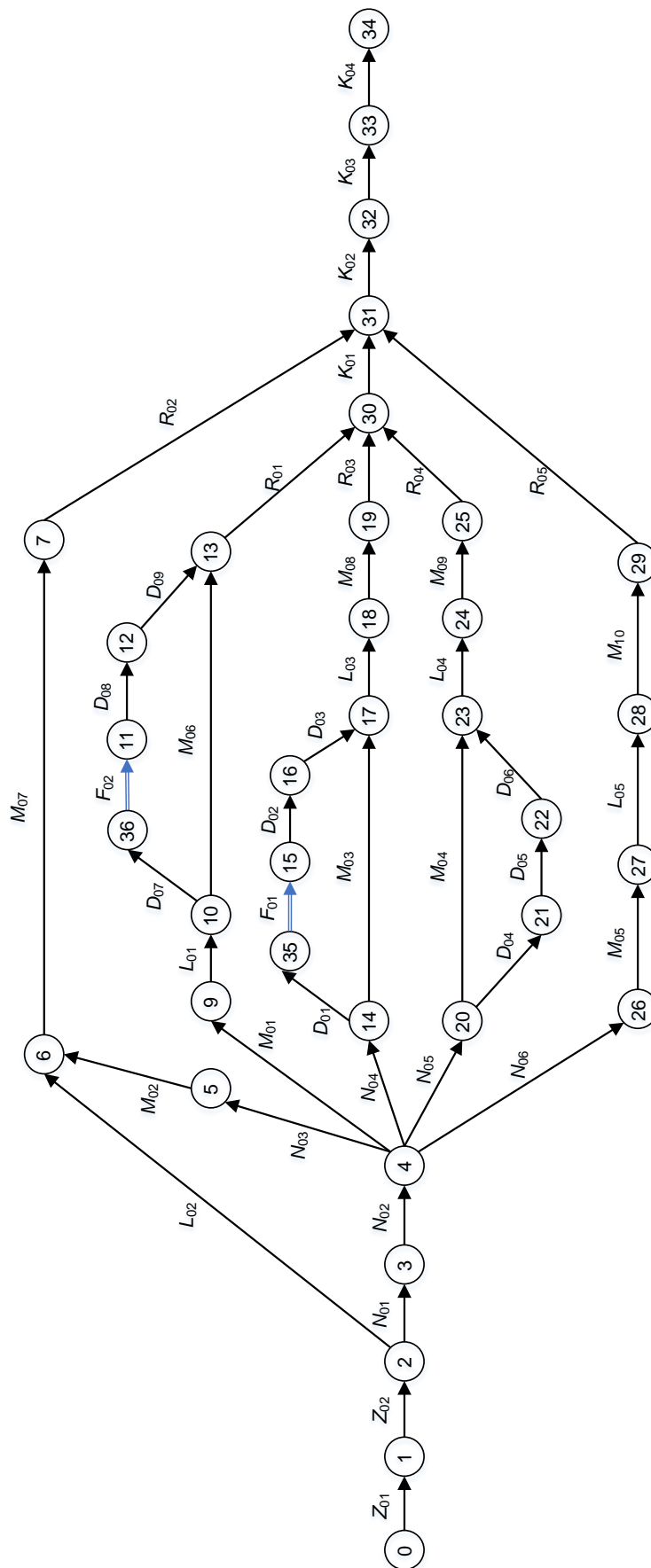
$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_8 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_9 = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

Porovnáme-li cesty v této variantě s variantou V₁, vidíme, že rozdíl je v cestě P₁, která se zkrátila o činnost L₀₂, a tuto zkrácenou cestu jsme označili P_{1a}. Přibyla také další cesta P₉. Ostatní cesty jsou ve variantě V₂ shodné s variantou V₁. V tabulce Tab. E.11 vidíme, že je nulový stupeň možnosti, že se cesta P₁ stane kritickou cestou. Přestože se ve variantě V₂ mírně prodloužila doba trvání činnosti R₀₂, která je součástí cest P₁ i P_{1a}, toto časové prodloužení činnosti R₀₂ je menší, než byla doba trvání činnosti L₀₂, o kterou se cesta P₁ zkrátila. Je tedy zřejmé, že i cesta P_{1a} bude mít nulový stupeň možnosti, že se stane ve variantě V₂ kritickou cestou. Podobně lze porovnáním cesty P₉ s cestou P_{1a} s přihlédnutím k relativně dlouhé době trvání činností N₀₁, N₀₂, N₀₃, M₀₂ (viz tabulka Tab. E.1), o které je cesta P₉ kratší než cesta P_{1a}, a ve srovnání s dobou trvání činnosti L₀₂, o kterou je naopak cesta P₉ delší než cesta P_{1a}, možné odvodit, že i cesta P₉ bude mít ve variantě V₂ nulový stupeň možnosti stát se kritickou cestou projektu a ovlivnit tak dobu trvání projektu. Protože to jsou jediné rozdíly mezi variantami V₁ a V₂, lze z toho odvodit, že co se týče doby trvání projektu, nemůže být varianta V₂ lepší než varianta V₁.



Obr. E.10 Průběh projektu – upravená varianta V₂

Dalším kritériem pro posouzení variant jsou náklady projektu. Varianta V_2 se od varianty V_1 liší pouze v činnostech L_{02} a R_{02} . Z hodnot v tabulkách Tab. E.1 a Tab. E.2 je vidět, že obě činnosti mají stejnou závislost nákladů na čase. Předpokládaná doba trvání činnosti L_{02} je ve variantě V_2 kratší, protože školení nákupu a skladů je plánováno ve školicí verzi systému s obecnými školicími daty, a bude tedy klást nižší nároky na přípravu konzultanta na školení. Doba trvání činnosti R_{02} se však ve variantě V_2 předpokládá delší než ve variantě V_1 , protože se očekává, že když po zahájení ověřovacího provozu začnou uživatelé pracovat se svými reálnými daty, bude potřeba s nimi zopakovat některé informace a postupy, které s nimi byly probírány před tím jen na obecných školicích datech. Podle mých zkušeností je toto prodloužení zpravidla větší než čas, který se podaří ušetřit školením s obecnými školicími daty, a tomu odpovídá i očekávané prodloužení doby trvání činnosti R_{02} , které je větší než zkrácení doby trvání činnosti L_{02} . Protože se u obou činností předpokládá stejná lineární závislost nákladů na čase, nemohou být náklady varianty V_2 nižší než náklady varianty V_1 .

Vzhledem k tomu, že se ukázalo, že jak z časového, tak z nákladového hlediska nemůže varianta V_2 být lepší než varianta V_1 , vyřadili jsme variantu V_2 z dalšího posuzování.

Varianta V_3 :

Tato varianta projektu vznikla z původní varianty V_3 , do které byly v Kroku 6 jako reakce na hrozící přetížení zdroje S_7 doplněny fiktivní činnosti F_{01} a F_{02} . Průběh varianty V_3 je schematicky znázorněn na Obr. E.11.

V průběhu varianty V_3 bylo identifikováno devět cest, které jsme označili P_1 až P_7 , P_{8a} (upravená cesta P_8 z varianty V_1), a P_{10} . Cesty se sestávají z dále uvedených činností

$$P_1 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_2 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, F_{02}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_4 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, F_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

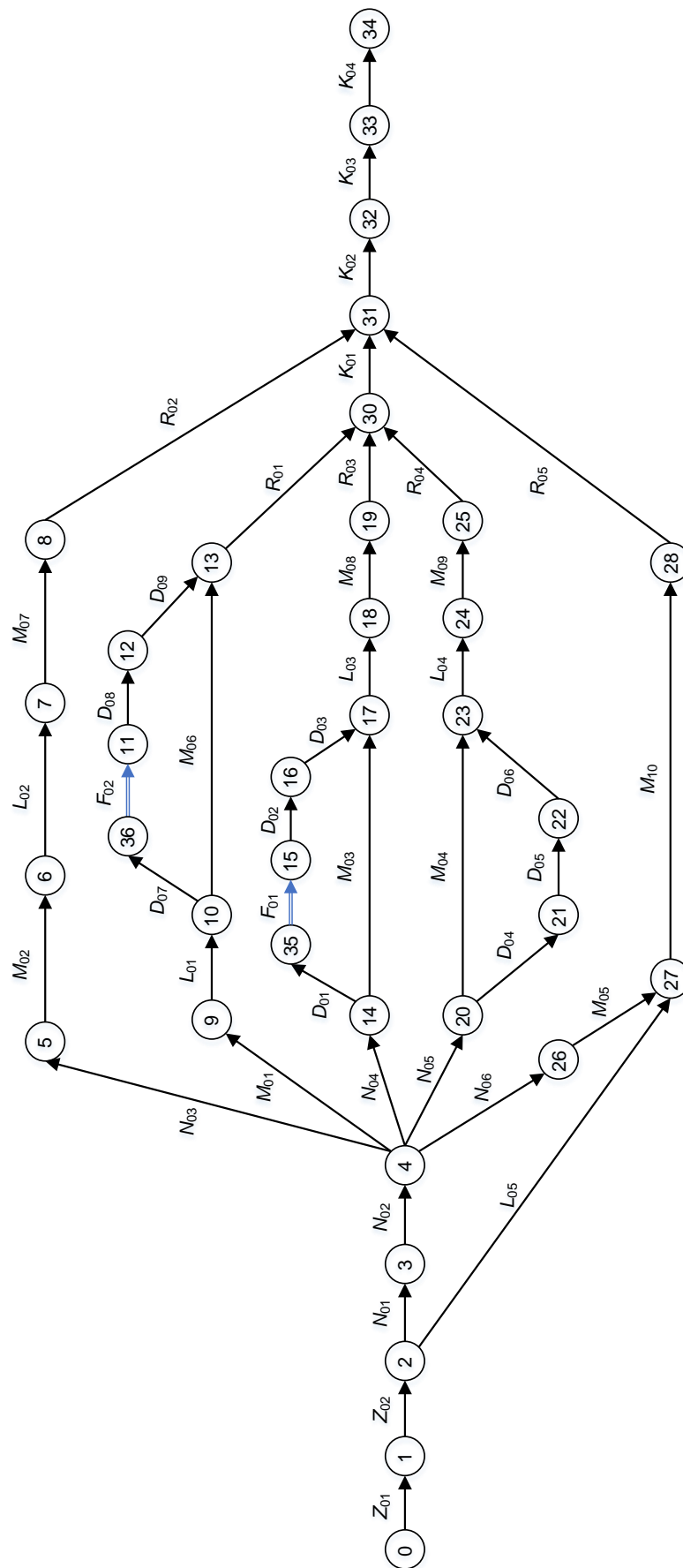
$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{8a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{10} = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$



Obr. E.11 Průběh projektu – upravená varianta V_3

S využitím vzorce (6.2.2) určíme funkci příslušnosti μ_{P_i} pro doby trvání jednotlivých cest P_i , kde $i = 1, 2, \dots, 7, 8a, 10$ a porovnáme mezi sebou délky jednotlivých cest, tj. stanovíme, s jakým stupněm možnosti je jedna cesta delší než druhá. Dále pak podle vzorce (6.2.3) určíme pro jednotlivé cesty, s jakým stupněm možnosti se stanou kritickou cestou. V tabulce Tab. E.14 jsou shrnuty nejdůležitější výsledky výpočtů týkající se možných dob trvání pro jednotlivé cesty a v následující tabulce Tab. E.15 jsou uvedeny výsledky porovnání délek jednotlivých cest.

cesta	možné doby trvání T_i cesty P_i a příslušné stupně možnosti μ				
	doba T_i pro $\mu_{T_i}=1$	minimální T_i s $\mu_{T_i}>0$		maximální T_i s $\mu_{T_i}>0$	
		min T_i	$\mu_{\min T_i}$	max T_i	$\mu_{\max T_i}$
P_1	112	102	0,3	158	0,3
P_2	171	163	0,3	279	0,2
P_3	127	121	0,3	177	0,2
P_4	121	109	0,3	203	0,2
P_5	117	106	0,3	165	0,2
P_6	98	89	0,3	140	0,2
P_7	100	90	0,3	142	0,2
P_{8a}	156	150	0,3	246	0,3
P_{10}	110	104	0,3	170	0,5

Tab. E.14 Varianta V_3 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8a$	$i = 10$	P_i je kritická		
											mimo P_2	mimo P_2 a P_{8a}
$\mu_{P_1 > P_i}$	1,0	0,0	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_1) = 0,0$	$\mu_C(P_1) = 0,5$	$\mu_C(P_1) = 0,7$
$\mu_{P_2 > P_i}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_2) = 1,0$	-	-
$\mu_{P_3 > P_i}$	1,0	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_3) = 0,4$	$\mu_C(P_3) = 0,5$	$\mu_C(P_3) = 1,0$
$\mu_{P_4 > P_i}$	1,0	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	$\mu_C(P_4) = 0,5$	$\mu_C(P_4) = 0,7$	$\mu_C(P_4) = 0,8$
$\mu_{P_5 > P_i}$	1,0	0,3	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_5) = 0,3$	$\mu_C(P_5) = 0,5$	$\mu_C(P_5) = 0,7$
$\mu_{P_6 > P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,6	1,0	0,8	0,0	0,7	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,5$
$\mu_{P_7 > P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,7	1,0	1,0	0,0	0,7	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,5$
$\mu_{P_{8a} > P_i}$	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_{8a}) = 0,8$	$\mu_C(P_{8a}) = 1,0$	-
$\mu_{P_{10} > P_i}$	0,8	0,5	0,7	0,8	0,8	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_{10}) = 0,5$	$\mu_C(P_{10}) = 0,5$	$\mu_C(P_{10}) = 0,7$

Tab. E.15 Varianta V_3 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

Z tabulky Tab. E.15 je zřejmé, že cesty P_2 a P_{8a} jsou i ve variantě V_3 výrazně delší než ostatní cesty. Cesta P_2 je i zde s největším stupněm možnosti cestou kritickou, cesta P_{8a} (upravená cesta P_8) má

opět druhý nejvyšší stupeň možnosti, že se stane kritickou, zatímco u ostatních cest je stupeň možnosti, že se stanou kritickou cestou, mnohem nižší. Ve srovnání s dobou trvání cesty P_8 ve variantě V_1 však cesta P_{8a} ve variantě V_3 trvá kratší dobu, a to o 14 hodin, srovnáváme-li nejkratší možné doby trvání těchto cest a doby trvání se stupněm možnosti rovným jedné, a je o 22 hodin kratší, srovnáváme-li nejdelší možné doby trvání těchto cest.

Aby bylo možné lépe porovnat ostatní cesty mezi sebou, byly i do tabulky Tab. E.15 doplněny sloupce, které ukazují stupeň možnosti, že by se příslušná cesta mohla stát kritickou, kdybychom neuvažovali cestu P_2 , resp. kdybychom neuvažovali cesty P_2 a P_{8a} .

S využitím vztahů (D.2) , (D.3) a (D.8) určíme i pro variantu V_3 funkci příslušnosti doby T trvání projektu

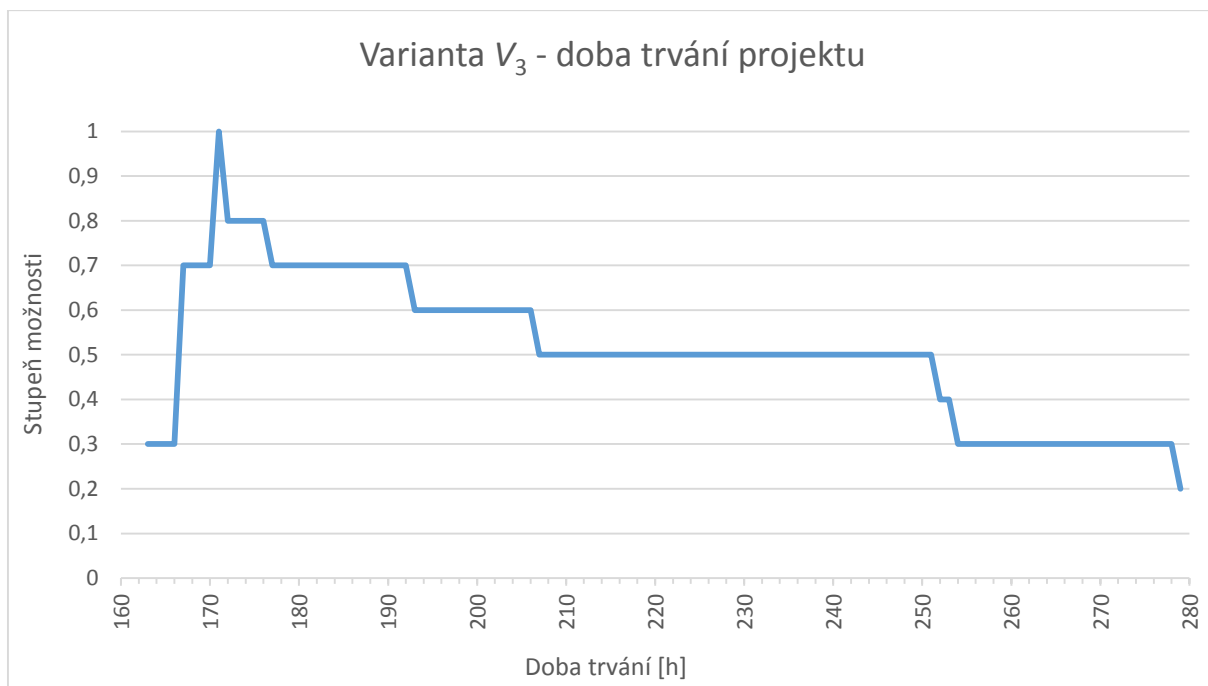
	stupeň možnosti μ_T	minimální doba T_{\min} [h]	maximální doba T_{\max} [h]
doba trvání kratší než doba s $\mu_T=1$	0,3	163	166
	0,7	167	170
doba trvání s $\mu_T=1$	1	171	171
doba trvání delší než doba s $\mu_T=1$	0,8	172	176
	0,7	177	192
	0,6	193	206
	0,5	207	251
	0,4	252	253
	0,3	254	278
	0,2	279	279

Tab. E.16 Varianta V_3 : doba trvání projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaká doba trvání projektu se dá v případě varianty V_3 očekávat a jaká je možnost, že projekt bude danou dobu trvat, je znázorněna na obrázku Obr. E.12.

Vidíme, že s nejvyšším stupněm možnosti bude projekt i ve variantě V_3 trvat 171 pracovních hodin. Ve srovnání s variantou V_1 je však u varianty V_3 menší neurčitost v době trvání projektu. Zatímco ve variantě V_1 může s tímto stupněm možnosti projekt trvat až 190 pracovních hodin, ve variantě V_3 se může projekt se stupněm možnosti 0,8 protáhnout pouze na 176 hodin. Podobně pro stupeň možnosti 0,7. Ve variantě V_1 může s tímto stupněm možnosti projekt trvat až 218 hodin, ve variantě V_3 to je pouze 192 hodin. Nejdelší možná doba trvání projektu je v obou variantách stejná, a to 279 hodin a odpovídá jí shodně stupeň možnosti 0,2.

S ohledem na požadované termíny projektu je celková doba i doba jednotlivých cest i této varianty projektu akceptovatelná.



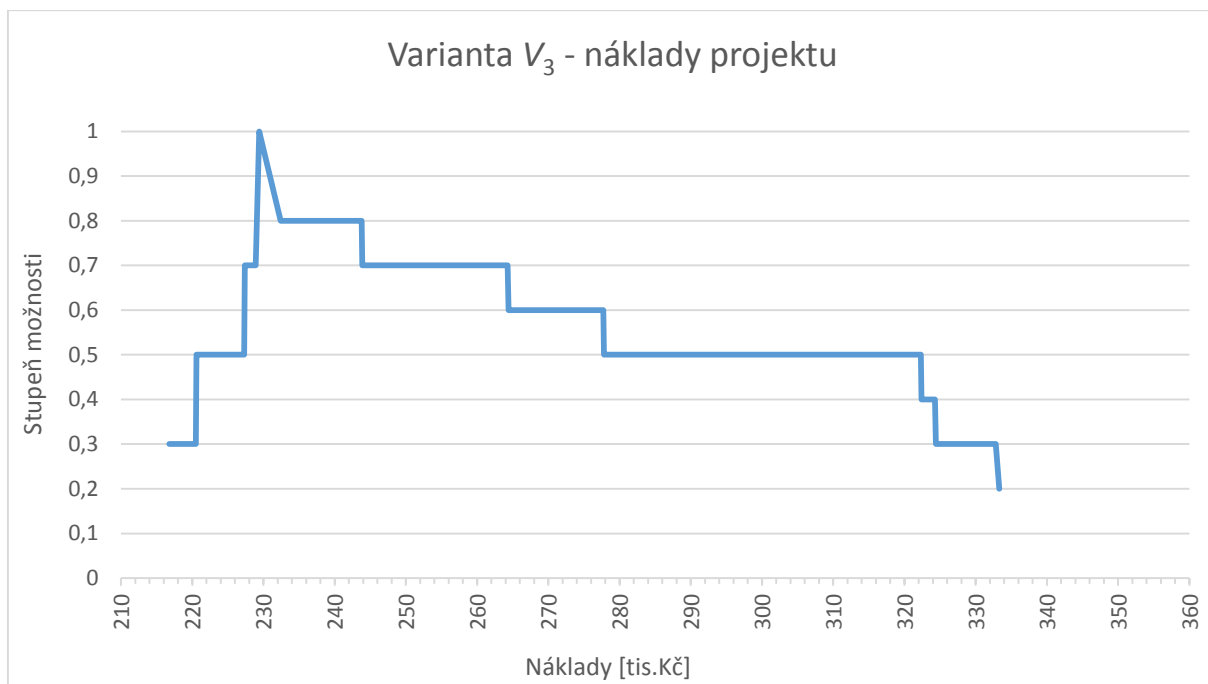
Obr. E.12 Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_3

V dalším kroku určíme náklady spojené s realizací této varianty projektu. K výpočtům jsme využili vztahy (6.2.9) a (6.2.10) odvozené v kapitole 6.2.2. Nejdůležitější výsledky výpočtů jsou shrnuty v tabulce Tab. E.17

	stupeň možnosti μ_C	minimální náklady C_{\min} [tis. Kč]	maximální náklady C_{\max} [tis. Kč]
náklady nižší než náklady s $\mu_C=1$	0,3	216,8	220,5
	0,5	220,6	227,3
	0,7	227,4	228,9
náklady s $\mu_C=1$	1	229,4	229,4
náklady vyšší než náklady s $\mu_C=1$	0,8	232,4	243,8
	0,7	243,9	264,3
	0,6	264,4	277,7
	0,5	277,8	322,3
	0,4	322,4	324,3
	0,3	324,4	332,8
	0,2	333,3	333,3

Tab. E.17 Varianta V_3 : náklady projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaké hodnoty nákladů na projekt se dají při realizaci varianty V_3 očekávat a jaká je možnost, že je bude nutné vynaložit, je znázorněna na obrázku Obr. E.13.



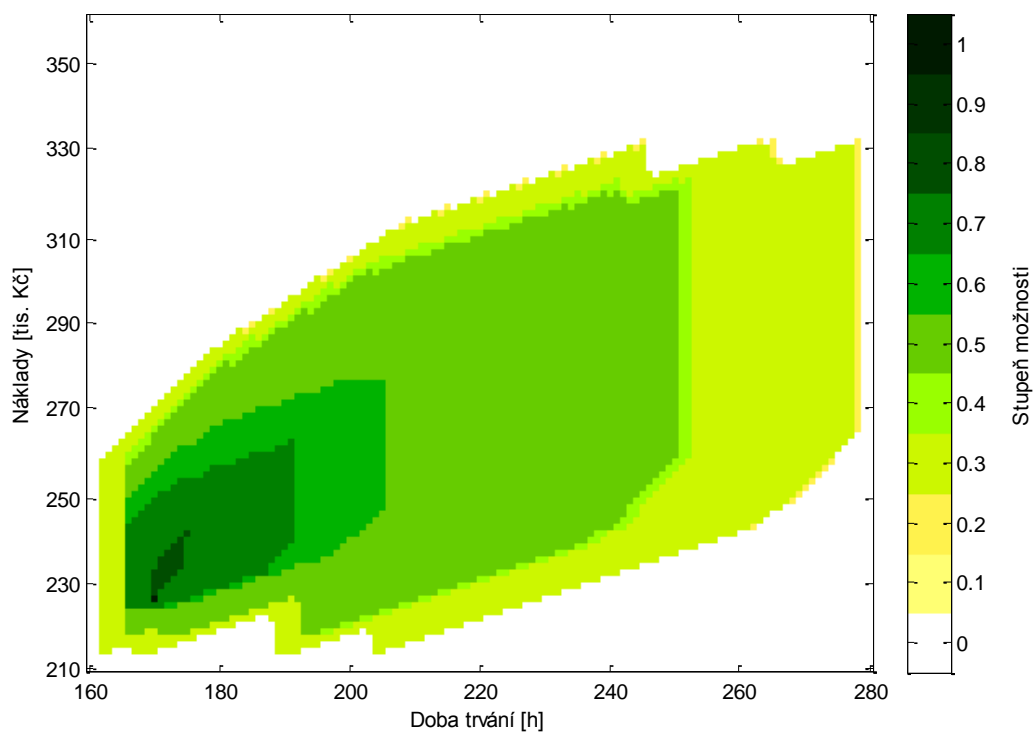
Obr. E.13 Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_3

Nejvyšší stupeň možnosti má u varianty V_3 , stejně jako u varianty V_1 , hodnota celkových nákladů 229 400 Kč. I pro stupně možnosti vyšší než 0,5, vycházejí stejné náklady ve variantě V_3 jako ve variantě V_1 . Až pro stupeň možnosti 0,5 a méně jsou náklady ve variantě V_3 mírně vyšší (o 2 000 Kč) než ve variantě V_1 . Maximální náklady, které mají stupeň možnosti 0,2, lze u varianty V_3 očekávat ve výši 333 300 Kč, zatímco u varianty V_1 ve výši 331 300 Kč.

I tyto hodnoty nákladů byly akceptovatelné, nebyl tedy důvod vyřadit variantu V_3 z dalšího posuzování.

Pro úplnost je i pro variantu V_3 znázorněn na obrázku Obr. E.14 průběh funkce příslušnosti jako funkce dvou proměnných, a to doby trvání a nákladů projektu, opět ve formě vrstevnicového grafu.

Stejně jako u varianty V_1 odpovídají barevné odstíny jednotlivým diskrétním hodnotám funkce příslušnosti. Skokové změny patrné ve spodní části grafu zejména pro hodnoty stupně možnosti 0,3 a 0,5 odpovídají, stejně jako u varianty V_1 , zohledněnému posunutí začátku některých činností tak, aby se eliminovalo možné přetížení programátora. Porovnáme-li grafy na obrázcích Obr. E.14 pro variantu V_3 s grafem na obrázku Obr. E.9 pro variantu V_1 , je vidět, že ve srovnání s variantou V_1 je u varianty V_3 v době trvání projektu menší neurčitost pro vyšší stupně možnosti (větší než 0,5), a to zejména v době trvání projektu.



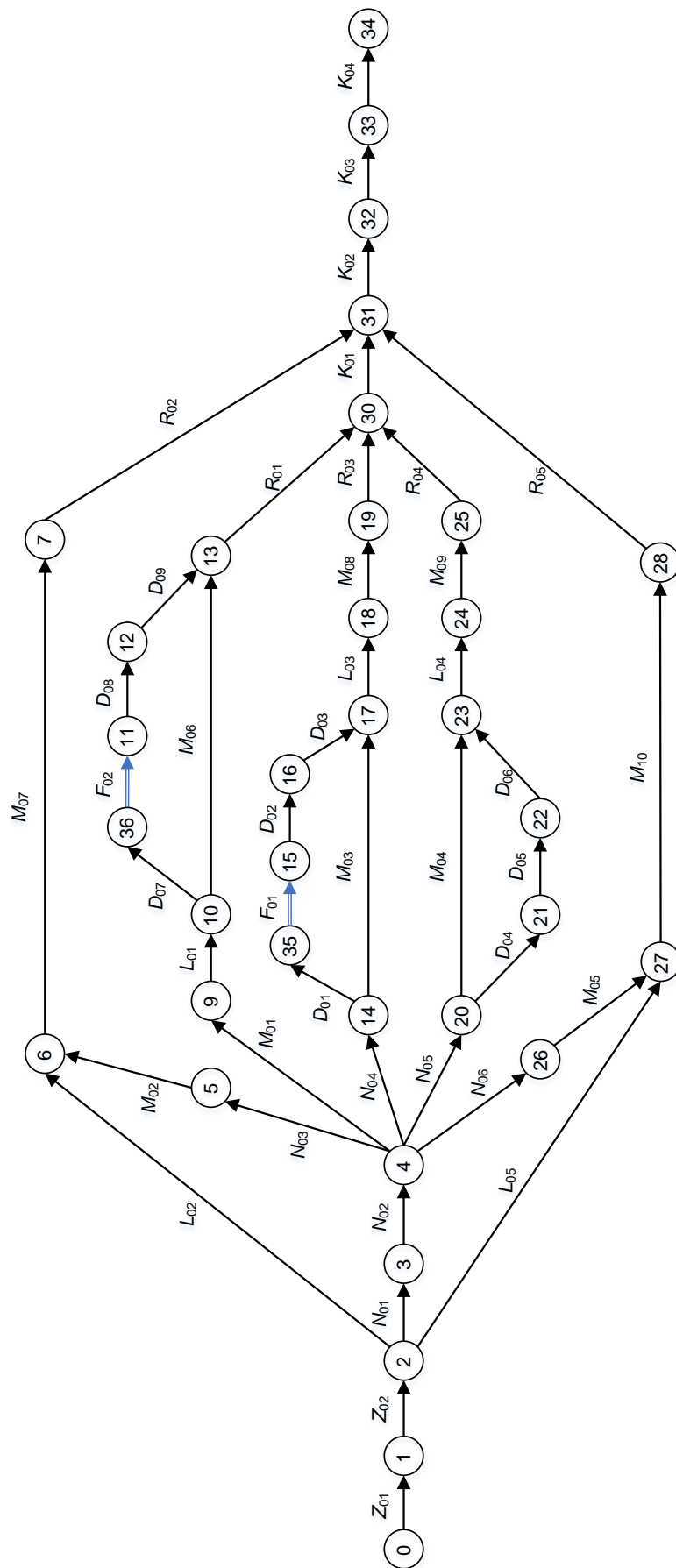
Obr. E.14 Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_3

Varianta V_4 :

Tato varianta projektu vznikla z původní varianty V_4 , do které byly v Kroku 6 jako reakce na hrozící přetížení zdroje S_7 doplněny fiktivní činnosti F_{01} a F_{02} .

Varianta V_4 se od varianty V_1 liší tím, že se změnila cesta P_1 (označili jsme ji P_{1a}) a P_8 (označili jsme ji P_{8a}) a přibyly cesty P_9 a P_{10} .

Schematicky je průběh varianty V_4 znázorněn na Obr. E.15.



Obr. E.15 Průběh projektu – upravená varianta V₄

Cesty identifikované ve variantě V_4 tvoří následující činnosti

$$P_{1a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_2 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, F_{02}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_4 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, F_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{8a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_9 = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{10} = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

Porovnáme-li cesty v této variantě s variantou V_3 , vidíme, že stejně jako při porovnávání varianty V_2 s variantou V_1 , je mezi variantou V_3 a variantou V_4 rozdíl v cestě P_1 , která se zkrátila o činnost L_{02} , a tuto zkrácenou cestu jsme označili P_{1a} a přibyla cesta P_9 . U varianty V_2 jsme ukázali, že změny týkající se cesty P_1 (tj. zkrácení cesty P_1 na cestu P_{1a} a nová cesta P_9) nemohou způsobit zkrácení celkové doby trvání ani snížení celkových nákladů projektu, a že tedy varianta V_2 nemůže být lepší než varianta V_1 . Totéž platí i při porovnávání varianty V_4 s variantou V_3 . Jak cesta P_{1a} , tak cesta P_9 mají ve variantě V_4 nulový stupeň možnosti stát se kritickou cestou projektu a ovlivnit tak dobu trvání projektu. Protože to jsou jediné rozdíly mezi variantami V_3 a V_4 , lze z toho odvodit, že co se týče doby trvání projektu, nemůže být varianta V_4 lepší než varianta V_3 .

Podobně se při porovnávání variant V_3 a V_4 z hlediska celkových nákladů na projekt, ze stejných důvodů, jaké byly uvedeny u varianty V_2 , ukazuje, že náklady varianty V_4 nemohou být nižší než náklady varianty V_3 .

Vzhledem k tomu, že jak z časového, tak z nákladového hlediska nemůže být varianta V_4 lepší než varianta V_3 , vyřadili jsme variantu V_4 z dalšího posuzování.

Varianta V_5 :

Varianta V_5 vychází z varianty V_1 , od které se liší tím, že hrozící přetížení zdroje S_7 bylo ve variantě V_5 vyřešeno zařazením nového zdroje S_{10} . Není tedy nutné do projektu vkládat fiktivní činnosti F_{01} a F_{02} , a struktura projektu ve variantě V_5 je tedy shodná s původní variantou V_1 a schematicky jí znázorňuje obrázek Obr. E.1. Ve variantě V_5 bylo identifikováno osm cest, které jsme označili $P_1, P_{2a}, P_3, P_{4a}, P_5, P_6, P_7, P_8$.

$$P_1 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{2a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{4a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_8 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

Jak už bylo uvedeno, cesty P_{2a} a P_{4a} se od cest P_2 , resp. P_4 z varianty V_1 liší tím, že neobsahují fiktivní činnost F_{01} , resp. F_{02} . S využitím vzorce (6.2.2) určíme funkci příslušnosti μ_{P_i} pro doby trvání jednotlivých cest P_i , kde $i = 1, 2a, 3, 4a, 5, 6, 7, 8$ a porovnáme mezi sebou délky jednotlivých cest, tj. stanovíme, s jakým stupněm možnosti je jedna cesta delší než druhá. Dále pak podle vzorce (6.2.3) určíme pro jednotlivé cesty, s jakým stupněm možnosti se stanou kritickou cestou.

V tabulce Tab. E.18 jsou shrnuty nejdůležitější výsledky výpočtů týkající se možných dob trvání pro jednotlivé cesty a v následující tabulce Tab. E.19 jsou uvedeny výsledky porovnání délek jednotlivých cest.

Jak je zřejmé z tabulky Tab. E.19, také u varianty V_5 jsou cesty P_{2a} a P_8 výrazně delší než ostatní cesty. Cesta P_{2a} je opět s největším stupněm možnosti cestou kritickou, cesta P_8 má druhý nejvyšší stupeň možnosti, že se stane kritickou, zatímco u ostatních cest je stupeň možnosti, že se stanou kritickou cestou, mnohem nižší. Podobně jako u ostatních variant byly do tabulky doplněny ještě sloupce, které ukazují stupeň možnosti, že by se příslušná cesta mohla stát kritickou, kdybychom neuvažovali cestu P_{2a} , resp. kdybychom neuvažovali cesty P_{2a} a P_8 .

cesta	možné doby trvání T_i cesty P_i a příslušné stupně možnosti μ				
	doba T_i pro $\mu_{T_i}=1$	minimální T_i s $\mu_{T_i}>0$		maximální T_i s $\mu_{T_i}>0$	
		min T_i	$\mu_{\min T_i}$	max T_i	$\mu_{\max T_i}$
P_1	112	102	0,3	158	0,3
P_{2a}	171	163	0,3	237	0,2
P_3	127	121	0,3	177	0,2
P_{4a}	135	121	0,3	188	0,2
P_5	117	106	0,3	165	0,2
P_6	98	89	0,3	140	0,2
P_7	100	90	0,3	142	0,2
P_{8a}	170	164	0,3	268	0,3

Tab. E.18 Varianta V_5 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti

	$i = 1$	$i = 2a$	$i = 3$	$i = 4a$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8$	P_i je kritická		
										mimo P_{2a}	mimo P_{2a} a P_8
$\mu_{P_1 >= P_i}$	1,0	0,0	0,7	0,5	0,7	1,0	1,0	0,0	$\mu_C(P_1) = 0,0$	$\mu_C(P_1) = 0,0$	$\mu_C(P_1) = 0,5$
$\mu_{P_{2a} >= P_i}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_{2a}) = 1,0$	-	-
$\mu_{P_3 >= P_i}$	1,0	0,4	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,5	$\mu_C(P_3) = 0,4$	$\mu_C(P_3) = 0,5$	$\mu_C(P_3) = 0,7$
$\mu_{P_{4a} >= P_i}$	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	$\mu_C(P_{4a}) = 0,5$	$\mu_C(P_{4a}) = 0,5$	$\mu_C(P_{4a}) = 1,0$
$\mu_{P_5 >= P_i}$	1,0	0,3	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	0,3	$\mu_C(P_5) = 0,3$	$\mu_C(P_5) = 0,3$	$\mu_C(P_5) = 0,7$
$\mu_{P_6 >= P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,6	1,0	0,8	0,0	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,5$
$\mu_{P_7 >= P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,7	1,0	1,0	0,0	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,5$
$\mu_{P_8 >= P_i}$	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_8) = 0,8$	$\mu_C(P_8) = 1,0$	-

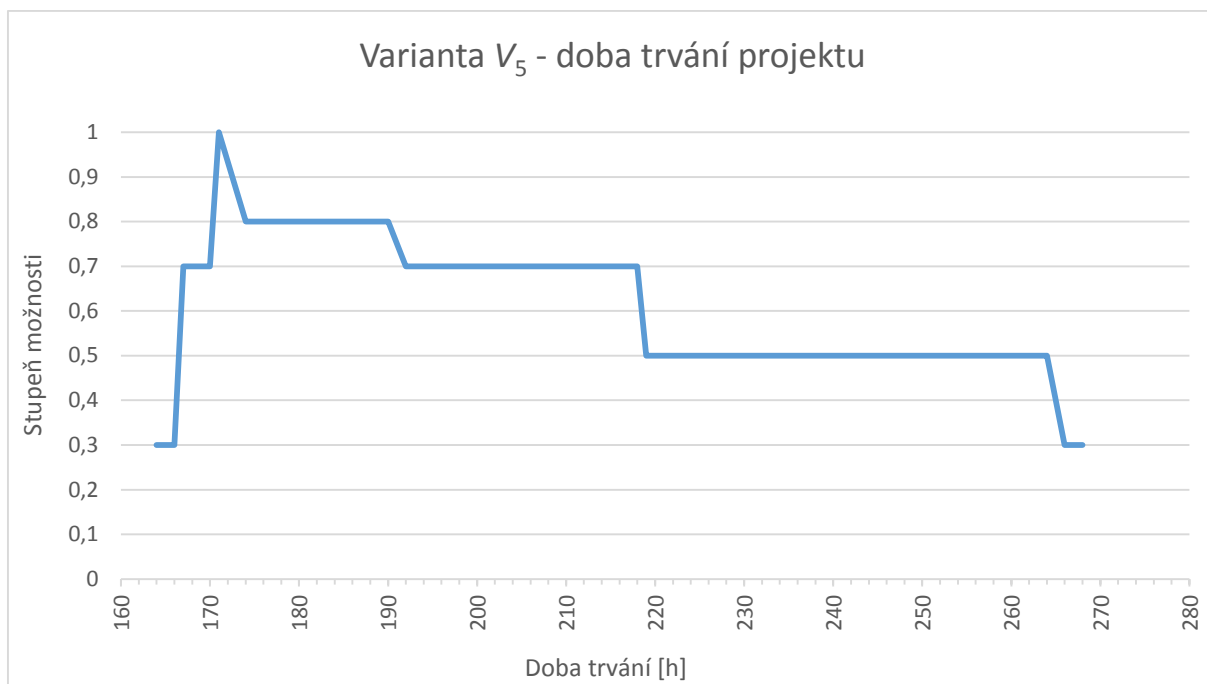
Tab. E.19 Varianta V_5 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

S využitím vztahů (D.2) , (D.3) a (D.8) určíme dále funkci příslušnosti pro dobu T trvání projektu

	stupeň možnosti μ_T	minimální doba T_{\min} [h]	maximální doba T_{\max} [h]
doba trvání kratší než doba s $\mu_T=1$	0,3	164	166
	0,7	167	170
doba trvání s $\mu_T=1$	1	171	171
doba trvání delší než doba s $\mu_T=1$	0,8	174	190
	0,7	192	218
	0,5	219	264
	0,3	266	268

Tab. E.20 Varianta V_5 : doba trvání projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaká doba trvání projektu se pro variantu V_5 dá očekávat a jaká je možnost, že projekt bude danou dobu trvat, je znázorněna na obrázku Obr. E.16.



Obr. E.16 Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_5

Vidíme, že s nejvyšším stupněm možnosti bude projekt i ve variantě V_5 trvat 171 pracovních hodin. Funkce příslušnosti doby trvání projektu má u varianty V_5 téměř shodný průběh jako u varianty V_1 . Srovnáme-li hodnoty v tabulkách Tab. E.12 a Tab. E.20, případně průběh grafu na Obr. E.7 a Obr. E.16, je patrné, že v oblasti možných dob trvání, kterým jsou přiřazeny stupně možnosti 0,5 a vyšší, jsou funkce příslušnosti pro dobu trvání projektu v obou variantách shodné a liší se pouze u maximálních dob trvání, kterým je přiřazen stupeň možnosti 0,3 a nižší. U varianty V_5 je maximální doba trvání kratší, a to pouze 268 pracovních hodin se stupněm možnosti 0,3, zatímco u varianty V_1 činí 279 hodin se stupněm možnosti 0,2.

I u varianty V_5 jsou jak celková doba trvání projektu, tak i doba trvání jednotlivých cest z ohledem na základní termíny projektu akceptovatelné.

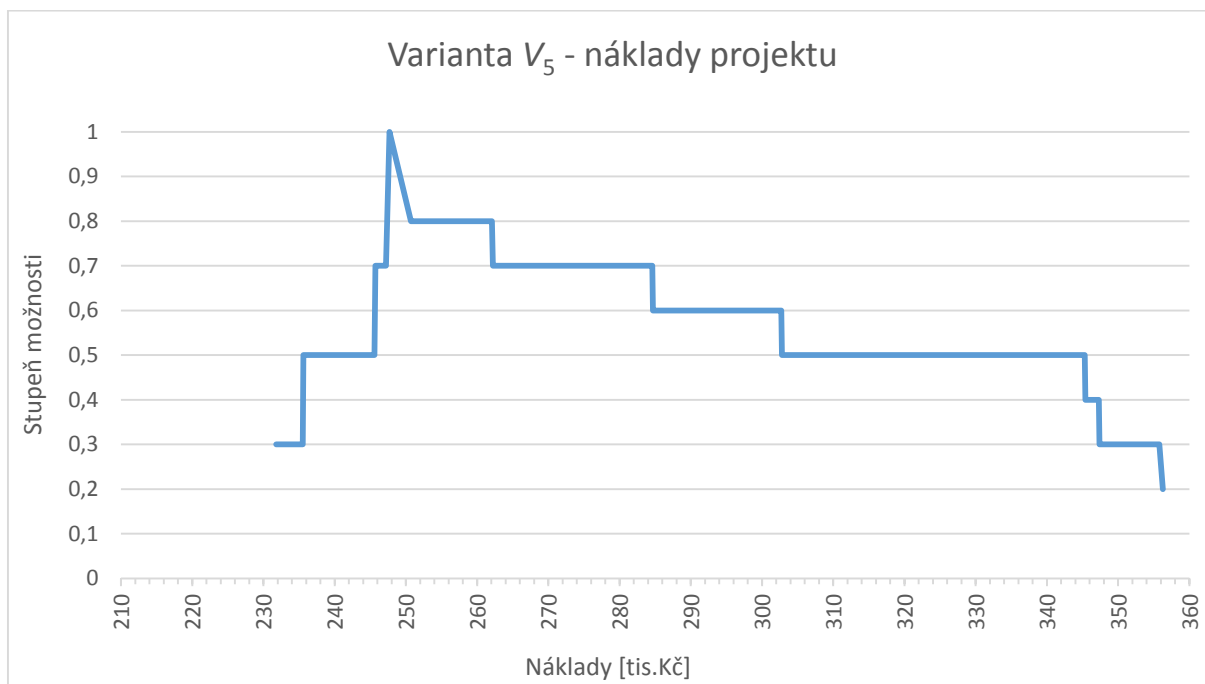
Následně opět určíme náklady spojené s realizací této varianty projektu. K výpočtům jsme využili vztahy (6.2.9) a (6.2.10) odvozené v kapitole 6.2.2. Nejdůležitější výsledky výpočtů jsou shrnuty v tabulce Tab. E.21

	stupeň možnosti μ_C	minimální náklady C_{\min} [tis. Kč]	maximální náklady C_{\max} [tis. Kč]
náklady nižší než náklady s $\mu_C=1$	0,3	231,8	235,5
	0,5	235,6	245,6
	0,7	245,7	247,2

	stupeň možnosti μ_C	minimální náklady C_{\min} [tis. Kč]	maximální náklady C_{\max} [tis. Kč]
náklady s $\mu_C=1$	1	247,7	247,7
náklady vyšší než náklady s $\mu_C=1$	0,8	250,7	262,1
	0,7	262,2	284,6
	0,6	284,7	302,7
	0,5	302,8	345,3
	0,4	345,4	347,3
	0,3	347,4	355,8
	0,2	356,3	356,3

Tab. E.21 Varianta V_5 : náklady projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaké hodnoty nákladů na projekt se dají při realizaci varianty V_5 očekávat a jaká je možnost, že je bude nutné vynaložit, je znázorněna na obrázku Obr. E.17.



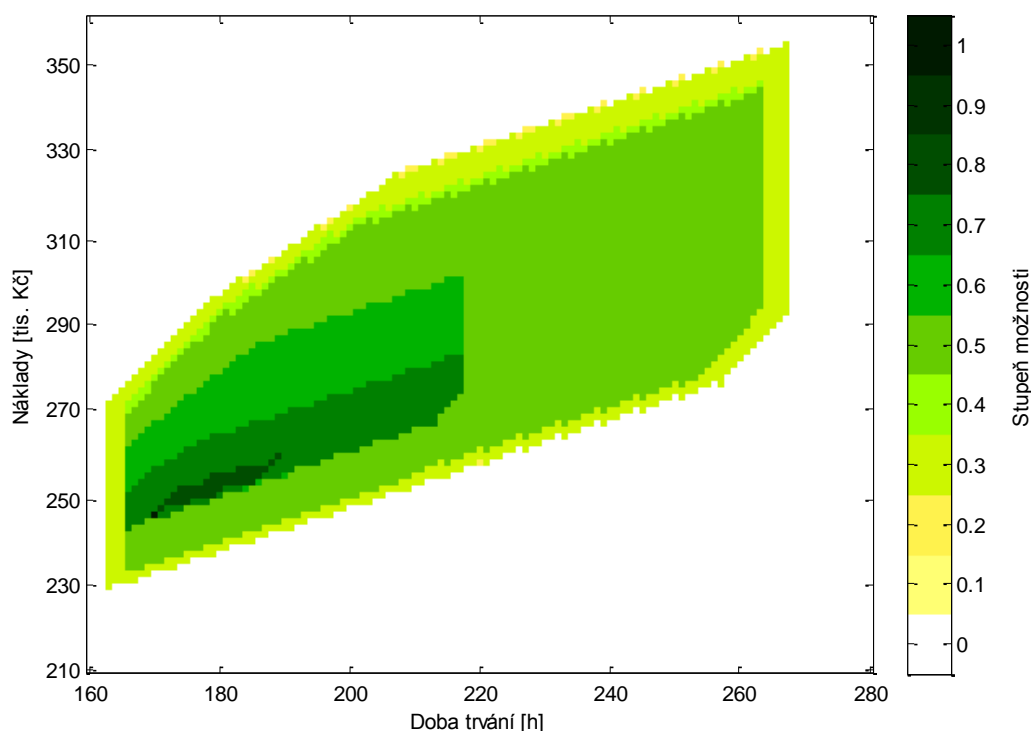
Obr. E.17 Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_5

Náklady varianty V_5 jsou o něco vyšší než náklady variant V_1 a V_3 . To je způsobeno vyššími náklady na externího programátora. Ve variantě V_5 představují náklady, které mají stupeň možnosti roven jedné, částku 247 700 Kč, zatímco ve variantách V_1 a V_3 to je shodně částka 229 400 Kč. U částek, které mají nižší stupeň možnosti, jsou rozdíly mezi variantami ještě o několik tisíc Kč větší.

Po zvážení výše uvedených výsledků bylo nicméně rozhodnuto, že i když jsou očekávané náklady varianty V_5 vyšší než u předchozích variant, toto navýšení nepředstavuje důvod k vyřazení

varianty V_5 z dalšího posuzování, protože ani tato výše očekávaných nákladů není zásadním způsobem v rozporu s prvotními požadavky na projekt.

Pro úplnost je na následujícím obrázku Obr. E.18 znázorněn pro variantu V_5 ještě průběh funkce příslušnosti jako funkce dvou proměnných, a to doby trvání a nákladů projektu, ve formě vrstevnicového grafu.



Obr. E.18 Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_5

Stejně jako u variant V_1 a V_3 odpovídají barevné odstíny jednotlivým diskrétním hodnotám funkce příslušnosti. Srovnáme-li obrázek Obr. E.18 pro variantu V_5 s obrázkem Obr. E.9 pro variantu V_1 , vidíme, že varianta V_5 je charakterizována pro vyšší stupně možnosti (s hodnotami většími než 0,5) podobnou neurčitostí v době trvání projektu jako varianta V_1 , zatímco neurčitost pro nižší stupně možnosti (s hodnotami 0,3 a 0,2) je u varianty V_5 nižší než u varianty V_1 . Porovnáme-li grafy na obrázcích Obr. E.9, Obr. E.14 a Obr. E.18, je také vidět již dříve zmíněný rozdíl v celkových nákladech projektu, a to ten, že u varianty V_5 se ve srovnání s variantami V_1 a V_3 dají očekávat vyšší celkové náklady. Je to již zmiňovaným důsledkem vyšších nákladů na externího programátora, se kterým se ve variantě V_5 počítá, aby se eliminovalo riziko přetížení interního programátora.

Varianta V_6 :

Varianta V_6 vychází z varianty V_2 , od které se liší tím, že hrozící přetížení zdroje S_7 bylo ve variantě V_6 vyřešeno zařazením nového zdroje S_{10} . Do projektu proto není nutné vkládat fiktivní činnosti F_{01} a F_{02} , a struktura projektu ve variantě V_6 je tedy shodná s původní variantou V_2 a schematicky jí znázorňuje obrázek Obr. E.2. Ve variantě V_6 bylo identifikováno devět cest, které jsme označili P_{1a} (upravená cesta P_1 z varianty V_5), P_2 až P_9 . Cesty se sestávají z dále uvedených činností

$$P_{1a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{2a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{4a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_8 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_9 = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

Jak už bylo uvedeno, cesty P_{2a} a P_{4a} se od cest P_2 , resp. P_4 z varianty V_2 liší tím, že neobsahují fiktivní činnost F_{01} , resp. F_{02} .

Porovnáme-li cesty v této variantě s variantou V_5 , vidíme, že rozdíl je v cestě P_1 , která se zkrátila o činnost L_{02} , a tuto zkrácenou cestu jsme označili P_{1a} . Přibyla také další cesta P_9 . Ostatní cesty jsou ve variantě V_6 shodné s variantou V_5 . V tabulce Tab. E.19 vidíme, že je nulový stupeň možnosti, že se cesta P_1 stane kritickou cestou. Z tabulek Tab. E.7 a Tab. E.6, které se týkají varianty V_6 , resp. varianty V_5 , je patrné, že přestože se ve variantě V_6 mírně prodloužila doba trvání činnosti R_{02} , která je součástí cest P_1 i P_{1a} , toto časové prodloužení činnosti R_{02} je menší, než byla doba trvání činnosti L_{02} , o kterou se cesta P_1 zkrátila. Je tedy zřejmé, že i cesta P_{1a} bude mít nulový stupeň možnosti, že se stane ve variantě V_6 kritickou cestou. Podobně lze porovnáním cesty P_9 s cestou P_{1a} s přihlédnutím k relativně dlouhým dobám trvání činností N_{01} , N_{02} , N_{03} , M_{02} (viz tabulka Tab. E.1), o které je cesta P_9 kratší než cesta P_{1a} , a ve srovnání s dobou trvání činnosti L_{02} , o kterou je naopak cesta P_9 delší než cesta P_{1a} , možné odvodit, že i cesta P_9 bude mít ve variantě V_6 nulový stupeň možnosti stát se kritickou cestou projektu a ovlivnit tak dobu trvání projektu. Protože to jsou jediné rozdíly mezi variantami V_5 a V_6 , lze z toho odvodit, že co se týče doby trvání projektu, nemůže být varianta V_6 lepší než varianta V_5 .

Dalším kritériem pro posouzení variant jsou náklady projektu. Varianta V_6 se od varianty V_5 liší pouze v činnostech L_{02} a R_{02} . Z hodnot v tabulkách Tab. E.1, Tab. E.6 a Tab. E.7 je vidět, že obě činnosti mají v obou variantách stejnou závislost nákladů na čase. Předpokládaná doba trvání činnosti L_{02} je ve variantě V_6 kratší, protože školení nákupu a skladů je plánováno ve školicí verzi systému s obecnými školicími daty, a bude tedy klást nižší nároky na přípravu konzultanta na školení. Doba trvání činnosti R_{02} se však ve variantě V_6 předpokládá delší než ve variantě V_5 , protože se očekává, že když po zahájení ověřovacího provozu začnou uživatelé pracovat se svými reálnými daty, bude potřeba s nimi zopakovat některé informace a postupy, které s nimi byly probírány před tím jen na obecných školicích datech. Jak už jsem uvedla v rozboru k variantě V_2 , toto prodloužení bývá zpravidla větší než čas, který se podaří ušetřit školením s obecnými školicími daty, a tomu odpovídá i očekávané prodloužení doby trvání činnosti R_{02} , které je větší než zkrácení doby trvání činnosti L_{02} . Protože se u obou činností předpokládá stejná lineární závislost nákladů na čase, nemohou být náklady varianty V_6 nižší než náklady varianty V_5 .

Vzhledem k tomu, že jak z časového, tak z nákladového hlediska nemůže varianta V_6 být lepší než varianta V_5 , vyřadili jsme variantu V_6 z dalšího posuzování.

Varianta V_7 :

Varianta V_7 vychází z varianty V_3 , od které se liší tím, že hrozící přetížení zdroje S_7 bylo ve variantě V_7 vyřešeno zařazením nového zdroje S_{10} . Není tedy nutné vkládat do projektu fiktivní činnosti F_{01} a F_{02} , a struktura projektu ve variantě V_7 je tedy shodná s původní variantou V_3 a schematicky jí znázorňuje obrázek Obr. E.3.

Ve variantě V_7 bylo identifikováno devět cest, které jsme označili P_1 až P_7 , P_{8a} (upravená cesta P_8 z varianty V_5), a P_{10} . Cesty se sestávají z dále uvedených činností

$$P_1 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{2a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{4a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{8a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{10} = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

Jak už bylo uvedeno, cesty P_{2a} a P_{4a} se od cest P_2 , resp. P_4 z varianty V_3 liší tím, že neobsahují fiktivní činnost F_{01} , resp. F_{02} .

S využitím vzorce (6.2.2) určíme funkci příslušnosti μ_{P_i} pro doby trvání jednotlivých cest P_i , kde $i = 1, 2a, 3, 4a, 5, 6, 7, 8a, 10$ a porovnáme mezi sebou délky jednotlivých cest, tj. stanovíme, s jakým stupněm možnosti je jedna cesta delší než druhá. Dále pak podle vzorce (6.2.3) určíme pro jednotlivé cesty, s jakým stupněm možnosti se stanou kritickou cestou. V tabulce Tab. E.22 jsou shrnuty nejdůležitější výsledky výpočtů týkající se možných dob trvání pro jednotlivé cesty a v následující tabulce Tab. E.23 jsou uvedeny výsledky porovnání délek jednotlivých cest.

cesta	možné doby trvání T_i cesty P_i a příslušné stupně možnosti μ				
	doba T_i pro $\mu_{T_i}=1$	minimální T_i s $\mu_{T_i}>0$		maximální T_i s $\mu_{T_i}>0$	
		min T_i	$\mu_{\min T_i}$	max T_i	$\mu_{\max T_i}$
P_1	112	102	0,3	158	0,3
P_{2a}	171	163	0,3	237	0,2
P_3	127	121	0,3	177	0,2
P_{4a}	135	121	0,3	188	0,2
P_5	117	106	0,3	165	0,2
P_6	98	89	0,3	140	0,2
P_7	100	90	0,3	142	0,2
P_{8a}	156	150	0,3	246	0,3
P_{10}	110	104	0,3	170	0,5

Tab. E.22 Varianta V_7 : shrnutí možných dob trvání cest a příslušné stupně možnosti

	$i = 1$	$i = 2a$	$i = 3$	$i = 4a$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8a$	$i = 10$	P_i je kritická		
											mimo P_{2a}	mimo P_{2a} a P_{8a}
$\mu_{P_1 > P_i}$	1,0	0,0	0,7	0,5	0,7	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_1) = 0,0$	$\mu_C(P_1) = 0,5$	$\mu_C(P_1) = 0,5$
$\mu_{P_{2a} > P_i}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_{2a}) = 1,0$	-	-
$\mu_{P_3 > P_i}$	1,0	0,4	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_3) = 0,4$	$\mu_C(P_3) = 0,5$	$\mu_C(P_3) = 0,7$
$\mu_{P_{4a} > P_i}$	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	$\mu_C(P_{4a}) = 0,5$	$\mu_C(P_{4a}) = 0,7$	$\mu_C(P_{4a}) = 1,0$
$\mu_{P_5 > P_i}$	1,0	0,3	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_5) = 0,3$	$\mu_C(P_5) = 0,5$	$\mu_C(P_5) = 0,7$
$\mu_{P_6 > P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,6	1,0	0,8	0,0	0,7	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,0$	$\mu_C(P_6) = 0,5$
$\mu_{P_7 > P_i}$	0,7	0,0	0,5	0,5	0,7	1,0	1,0	0,0	0,7	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,0$	$\mu_C(P_7) = 0,5$
$\mu_{P_{8a} > P_i}$	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$\mu_C(P_{8a}) = 0,8$	$\mu_C(P_{8a}) = 1,0$	-
$\mu_{P_{10} > P_i}$	0,8	0,5	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0	0,5	1,0	$\mu_C(P_{10}) = 0,5$	$\mu_C(P_{10}) = 0,5$	$\mu_C(P_{10}) = 0,7$

Tab. E.23 Varianta V_7 : porovnání funkcí příslušnosti trvání jednotlivých cest a stupeň možnosti, že se cesta stane kritickou

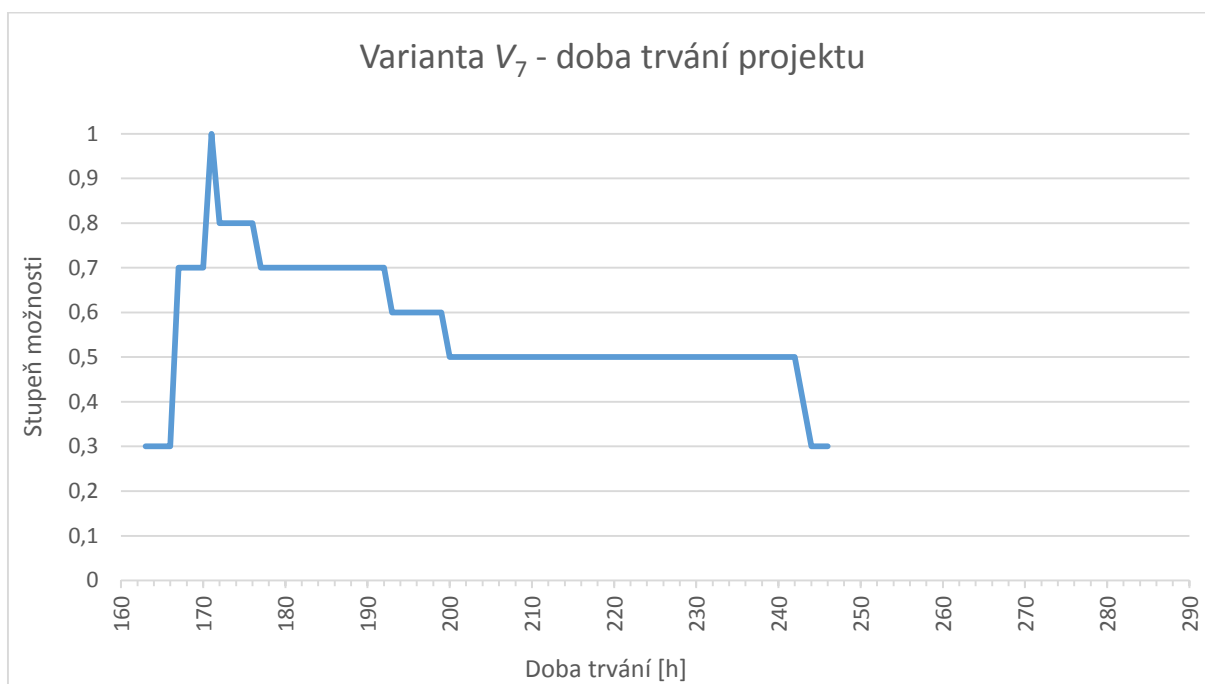
Jak je zřejmé z tabulky Tab. E.23, stejně jako u ostatních variant, jsou i u varianty V_7 cesty P_{2a} a P_{8a} výrazně delší než ostatní cesty. Cesta P_{2a} je s největším stupněm možnosti cestou kritickou, cesta P_{8a} má druhý nejvyšší stupeň možnosti, že se stane kritickou. Podobně jako u ostatních variant byly do tabulky doplněny ještě sloupce, které ukazují stupeň možnosti, že by se příslušná cesta mohla stát kritickou, kdybychom neuvažovali cestu P_{2a} , resp. kdybychom neuvažovali cesty P_{2a} a P_{8a} .

S využitím vztahů (D.2), (D.3) a (D.8) určíme dále funkci příslušnosti pro dobu T trvání projektu

	stupeň možnosti μ_T	minimální doba T_{\min} [h]	maximální doba T_{\max} [h]
doba trvání kratší než doba s $\mu_T=1$	0,3	163	166
	0,7	167	170
doba trvání s $\mu_T=1$	1	171	171
doba trvání delší než doba s $\mu_T=1$	0,8	172	176
	0,7	177	192
	0,6	193	199
	0,5	200	242
	0,3	244	246

Tab. E.24 Varianta V_7 : doba trvání projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaká doba trvání projektu se pro variantu V_7 dá očekávat a jaká je možnost, že projekt bude danou dobu trvat, je znázorněna na obrázku Obr. E.19.



Obr. E.19 Funkce příslušnosti doby trvání projektu – varianta V_7

Vidíme, že s nejvyšším stupněm možnosti bude projekt i ve variantě V_7 trvat 171 pracovních hodin. Funkce příslušnosti doby trvání projektu má u varianty V_7 shodný průběh jako u varianty V_3 pouze pro stupeň možnosti 0,7 a vyšší. Srovnáme-li hodnoty možných dob trvání pro jednotlivé posuzované varianty V_1 , V_3 , V_5 a V_7 , tj. hodnoty v tabulkách Tab. E.12, Tab. E.16, Tab. E.20 a Tab. E.24, případně průběh grafů na Obr. E.7, Obr. E.12, Obr. E.16 a Obr. E.19, je patrné, že u varianty V_7 je nejmenší neurčitost v době trvání. Rozsah možných hodnot je u varianty V_7 pouze 163 až 246 pracovních hodin, zatímco u varianty V_3 s největší neurčitostí je to 163 až 279 pracovních hodin.

Z uvedených výsledků vyplývá, že i u varianty V_7 jsou jak celková doba trvání projektu, tak doba trvání jednotlivých cest z ohledem na základní termíny projektu akceptovatelné.

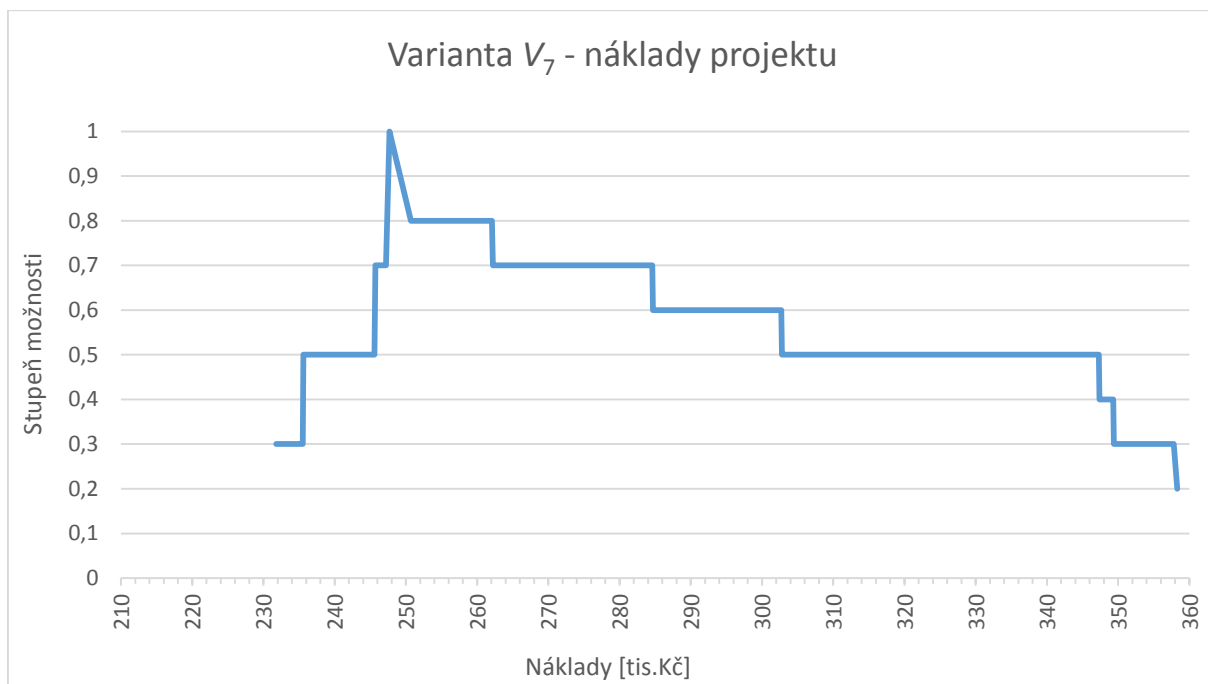
Dále určíme náklady spojené s realizací této varianty projektu. K výpočtům jsme využili vztahy (6.2.9) a (6.2.10) odvozené v kapitole 6.2.2. Nejdůležitější výsledky výpočtů jsou shrnuty v tabulce Tab. E.25

	stupeň možnosti μ_C	minimální náklady C_{\min} [tis. Kč]	maximální náklady C_{\max} [tis. Kč]
náklady nižší než náklady s $\mu_C=1$	0,3	231,8	235,5
	0,5	235,6	245,6
	0,7	245,7	247,2
náklady s $\mu_C=1$	1	247,7	247,7
náklady vyšší než náklady s $\mu_C=1$	0,8	250,7	262,1
	0,7	262,2	284,6
	0,6	284,7	302,7
	0,5	302,8	347,3
	0,4	347,4	349,3
	0,3	349,4	357,8
	0,2	358,3	358,3

Tab. E.25 Varianta V_7 : náklady projektu

Funkce příslušnosti, která udává, jaké hodnoty nákladů na projekt se dají při realizaci varianty V_5 očekávat a jaká je možnost, že je bude nutné vynaložit, je znázorněna na obrázku Obr. E.20.

Nejvyšší stupeň možnosti má u varianty V_7 , stejně jako u varianty V_5 , hodnota celkových nákladů 247 700 Kč. I pro stupně možnosti vyšší než 0,5, vycházejí stejné náklady ve variantě V_7 jako ve variantě V_5 . Až pro stupeň možnosti 0,5 a méně jsou náklady ve variantě V_7 mírně vyšší (o 2 000 Kč) než ve variantě V_5 . Maximální náklady, které mají stupeň možnosti 0,2, lze u varianty V_7 očekávat ve výši 358 300 Kč, zatímco u varianty V_5 ve výši 356 300 Kč.



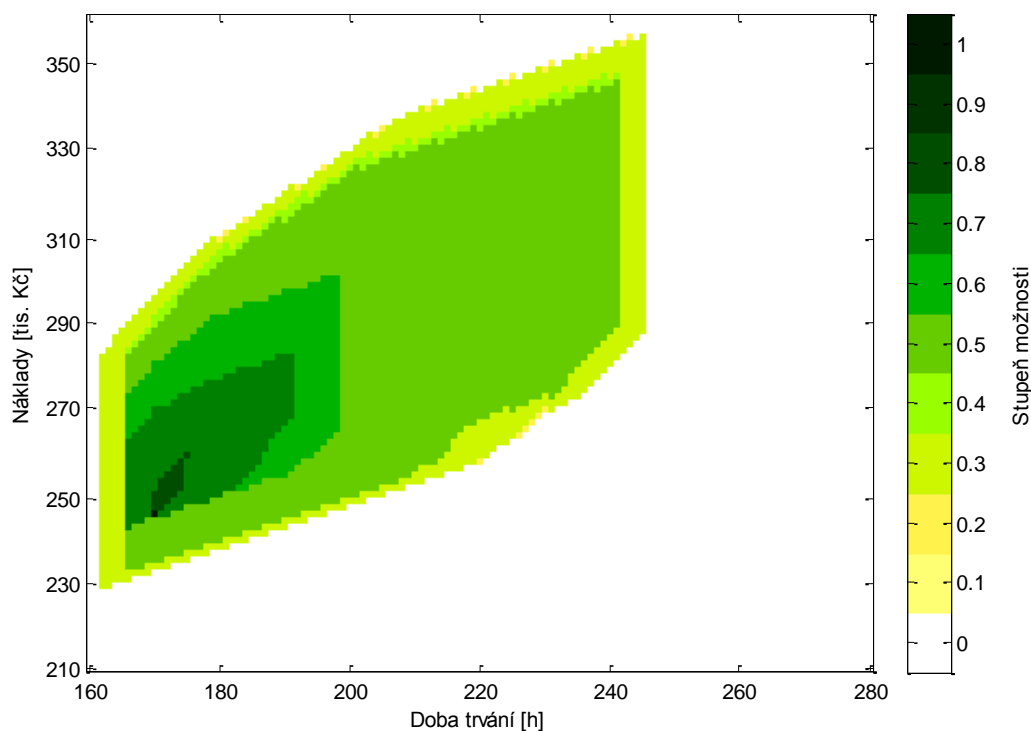
Obr. E.20 Funkce příslušnosti nákladů projektu – varianta V_7

I když jsou očekávané náklady varianty V_7 ještě vyšší než u varianty V_5 , bylo rozhodnuto, že i tyto hodnoty nákladů by byly ještě akceptovatelné, a nevznikl tedy důvod vyřadit variantu V_7 z dalšího posuzování.

A jako u předchozích variant je i pro variantu V_7 pro úplnost na následujícím obrázku Obr. E.21 znázorněn ještě průběh funkce příslušnosti jako funkce dvou proměnných, a to doby trvání a nákladů projektu, opět ve formě vrstevnicového grafu.

Stejně jako u grafů pro předešlé varianty V_1 , V_3 a V_5 odpovídají i v tomto grafu barevné odstíny jednotlivým diskretním hodnotám funkce příslušnosti. Srovnáme-li obrázek Obr. E.21 pro variantu V_7 s obrázkem Obr. E.14 pro variantu V_3 , vidíme, že varianta V_7 je charakterizována pro vyšší stupně možnosti (s hodnotami většími než 0,6) podobnou neurčitostí v době trvání projektu jako varianta V_3 , zatímco neurčitost pro nižší stupně možnosti (s hodnotami 0,5 a nižšími) je u varianty V_7 nižší než u varianty V_3 a je u varianty V_7 nejnižší ze všech čtyř uvažovaných variant V_1 , V_3 , V_5 a V_7 .

Porovnáme-li grafy na obrázcích Obr. E.9, Obr. E.14, Obr. E.18 a Obr. E.21, je také znovu patrný již dříve zmíněný rozdíl v celkových nákladech projektu, tedy že u varianty V_7 , podobně jako u varianty V_5 , se ve srovnání s variantami V_1 a V_3 dají očekávat vyšší celkové náklady v důsledku vyšších nákladů na externího programátora, který má ve variantách V_5 i V_7 pomoci eliminovat riziko přetížení interního programátora.



Obr. E.21 Vrstevnicový graf funkce příslušnosti doby trvání a nákladů projektu – varianta V_7

Varianta V_8 :

Varianta V_8 vychází z varianty V_4 , od které se liší tím, že hrozící přetížení zdroje S_7 bylo ve variantě V_6 vyřešeno zařazením nového zdroje S_{10} . Do projektu proto není nutné vkládat fiktivní činnosti F_{01} a F_{02} , a struktura projektu ve variantě V_8 je tedy shodná s původní variantou V_4 a schematicky jí znázorňuje obrázek Obr. E.4. Ve variantě V_8 bylo identifikováno deset cest, které tvoří následující činnosti

$$P_{1a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{03}, M_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{2a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, D_{07}, D_{08}, D_{09}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_3 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, M_{01}, L_{01}, M_{06}, R_{01}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{4a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, D_{01}, D_{02}, D_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_5 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{04}, M_{03}, L_{03}, M_{08}, R_{03}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_6 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, M_{04}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_7 = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{05}, D_{04}, D_{05}, D_{06}, L_{04}, M_{09}, R_{04}, K_{01}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{8a} = \{ Z_{01}, Z_{02}, N_{01}, N_{02}, N_{06}, M_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_9 = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{02}, M_{07}, R_{02}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

$$P_{10} = \{ Z_{01}, Z_{02}, L_{05}, M_{10}, R_{05}, K_{02}, K_{03}, K_{04} \}$$

I zde se cesty P_{2a} a P_{4a} od cest P_2 , resp. P_4 z varianty V_4 liší tím, že neobsahují fiktivní činnost F_{01} , resp. F_{02} .

Porovnáme-li cesty varianty V_8 s cestami ve variantě V_7 , vidíme, že podobně jako ve variantě V_6 je rozdíl v cestě P_1 , která se zkrátila o činnost L_{02} , a tuto zkrácenou cestu jsme označili P_{1a} a přibyla cesta P_9 . U varianty V_6 jsme ukázali, že změny týkající se cesty P_1 (tj. zkrácení cesty P_1 na cestu P_{1a} a nová cesta P_9) nemohou způsobit zkrácení celkové doby trvání ani snížení celkových nákladů projektu, a že tedy varianta V_6 nemůže být lepší než varianta V_5 . Totéž platí i při porovnávání varianty V_8 s variantou V_7 . Jak cesta P_{1a} , tak cesta P_9 mají i ve variantě V_8 nulový stupeň možnosti stát se kritickou cestou projektu a ovlivnit tak dobu trvání projektu. Protože to jsou jediné rozdíly mezi variantami V_7 a V_8 , lze z toho odvodit, že co se týče doby trvání projektu, nemůže být varianta V_8 lepší než varianta V_7 .

Podobně i při porovnávání variant V_7 a V_8 z hlediska celkových nákladů na projekt se, ze stejných důvodů, jaké byly uvedeny u varianty V_6 , ukazuje, že náklady varianty V_8 nemohou být nižší než náklady varianty V_7 .

Vzhledem k tomu, že jak z časového, tak z nákladového hlediska nemůže varianta V_8 být lepší než varianta V_7 , vyřadili jsme variantu V_8 z dalšího posuzování.

E.1.8. Krok 8 – Aktualizace seznamu možných variant

Na základě provedeného rozboru všech uvažovaných variant projektu jsme získali sadu variant, jež budeme v dalších krocích mezi sebou porovnávat v souladu s postupem, který byl navržen v kapitole 6.4.4, s cílem najít nejvhodnější variantu, podle níž bude projekt realizován. Pro další posuzování a vyhodnocení variant budeme uvažovat varianty V_1 , V_3 , V_5 a V_7 .

E.2. Posouzení a vyhodnocení variant

E.2.1. Krok 1 – Určení kritérií

Pro účely porovnání možných variant realizace projektu a nalezení nejvhodnější z nich byla podle vzoru kritérií, která jsou navržena v kapitole 6.4.3, zvolena tato kritéria

Krit₁ – doba trvání projektu

(defuzzifikovaná hodnota doby trvání projektu – viz dále Krok 3)

Krit₂ – náklady projektu

(defuzzifikovaná hodnota nákladů projektu – viz dále Krok 3)

Krit₃ – šířka časového intervalu, na kterém je stupeň možnosti doby trvání roven 0,7 nebo vyšší

(Toto kritérium jsme použili, abychom mohli posoudit, jaká je míra neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty doby trvání projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se může změnit doba trvání projektu, budou-li činnosti trvat jinou dobu než tu, které je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to dobu, které je přiřazen stupeň možnosti 0,7 nebo vyšší.)

Krit₄ – šířka časového intervalu, na kterém je stupeň možnosti pro dobu trvání roven 0,5 nebo vyšší, a to v intervalu napravo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti

(Toto kritérium jsme použili, abychom mohli posoudit, jaká je míra neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty doby trvání projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se může prodloužit doba trvání projektu, budou-li činnosti trvat déle než dobu, které je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to nejvýše dobu, které je přiřazen stupeň možnosti 0,5 nebo vyšší.)

Krit₅ – šířka intervalu nákladů, na kterém je stupeň možnosti pro náklady roven 0,7 nebo vyšší

(Toto kritérium jsme použili, abychom mohli posoudit, jaká je míra neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty nákladů projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se mohou změnit náklady projektu, budou-li náklady jednotlivých činností jiné, než ty, kterým je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to takové, kterým je přiřazen stupeň možnosti 0,7 nebo vyšší.)

Krit₆ – šířka intervalu nákladů, na kterém je stupeň možnosti pro náklady roven 0,5 nebo vyšší, a to v intervalu napravo od hodnoty s maximálním stupněm možnosti

(Toto kritérium jsme použili, abychom mohli posoudit, jaká je míra neurčitosti ostré, defuzzifikované hodnoty nákladů projektu. Kritérium charakterizuje, jak moc se mohou zvýšit náklady projektu, budou-li náklady jednotlivých činností vyšší než ty, kterým je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, a to nejvýše takové, které je přiřazen stupeň možnosti 0,5 nebo vyšší.)

Všechna zvolená kritéria jsou minimalizační, tedy nejlepší varianta z hlediska daného kritéria bude ta, která bude dosahovat nejmenší hodnoty.

E.2.2. Krok 2 – Stanovení preferencí kritérií

Bylo rozhodnuto, že kritéria pro posouzení variant zvolená v předchozím kroku nebudou mít stejnou prioritu a ve shodě s postupem navrženým v kapitole 6.4.3 bude jejich priorita vyjádřena pomocí váhy. Byla použita bodovací metoda přiřazení váhy. Každému kritériu byly přiřazeny body v rozsahu 1 až 10 bodů a na jejich základě byla pro každé kritérium stanovena normovaná váha. Výsledky jsou uvedeny v tabulce Tab. E.26.

kritérium	<i>Krit₁</i>	<i>Krit₂</i>	<i>Krit₃</i>	<i>Krit₄</i>	<i>Krit₅</i>	<i>Krit₆</i>
přidělené body	10	10	6	6	4	4
váha	0,25	0,25	0,15	0,15	0,10	0,10

Tab. E.26 Stanovení preferencí kritérií

Kritéria *Krit₁* a *Krit₂* byla zvolena jako nejdůležitější a dostala proto nejvíce bodů. Bylo rozhodnuto, že kritéria *Krit₃* a *Krit₄* charakterizující míru neurčitosti doby trvání projektu jsou o něco důležitější než kritéria *Krit₅* a *Krit₆* charakterizující míru neurčitosti projektových nákladů, protože zákazník kladl na včasné dokončení projektu zásadní důraz, implementovaný systém potřeboval pro správu svých základních ekonomických dat, a protože docházelo k oddělení společnosti od původní mateřské společnosti, neměl by v případě posunu termínů implementace možnost pokračovat v práci s původním ekonomickým systémem. Projekt v žádném případě také nesměl překročit legislativně dané termíny. Zajištění co nejkratší doby trvání projektu bylo nanejvýš žádoucí i pro naši společnost, která systém implementovala, protože čím dříve byl projekt dokončen a předán, tím dříve vstupovaly v platnost principy servisní smlouvy a s tím spojené platby zákazníka za naše servisní služby.

E.2.3. Krok 3 – Defuzzifikace

V souladu s postupem navrženým v kapitole 6.4.3 byla provedena defuzzifikace dvou hlavních charakteristik projektu, které byly pro jednotlivé varianty posuzovány pomocí výše uvedených kritérií, tj. defuzzifikace doby trvání projektu a projektových nákladů. Jako metoda defuzzifikace byla zvolena metoda středu maxima. Vzhledem k průběhu funkce příslušnosti těchto dvou fuzzy veličin u posuzovaných variant by však stejný výsledek daly i metoda největšího maxima a metoda nejmenšího maxima. Protože je doba trvání projektu, které je přiřazen nejvyšší stupeň možnosti, u všech variant stejná, uvažovala jsem o tom, zda by nebylo vhodnější použít jinou defuzzifikační metodu, například

metodu středu těžiště, která při defuzzifikaci jistým způsobem zohledňuje celý průběh funkce příslušnosti. Nakonec jsem však tuto možnost zavrhla, protože míru neurčitosti stanovení doby trvání (resp. nákladů) a tedy průběh funkce příslušnosti doby trvání projektu (resp. nákladů) zohledňují při posuzování variant další kritéria.

Defuzzifikované hodnoty doby trvání projektu a projektových nákladů jsou pro všechny varianty uvedeny v tabulce Tab. E.27.

varianta	V_1	V_3	V_5	V_7
doba trvání [h]	171	171	171	171
náklady [tis. Kč]	229,4	229,4	247,7	247,7

Tab. E.27 Defuzzifikované hodnoty doby trvání a nákladů v jednotlivých variantách

E.2.4. Krok 4 – Volba metody hodnocení variant

Pro vícekritériální hodnocení uvažovaných variant projektu jsem zvolila metodu váženého součtu, která umožňuje zohlednit různý „užitek“ plynoucí z rozdílných, navzájem obtížně porovnatelných hodnot jednotlivých posuzovaných veličin (doba trvání, náklady, šířky intervalů neurčitosti), pracuje s váhami jednotlivých kritérií a přitom je poměrně jednoduchá. Pro každé kritérium $Krit_j$, kde $j=1, 2, \dots, 6$ jsem definovala užitkovou funkci, která přiřadila užitek hodnotě kritéria u jednotlivých variant V_i , $i=1, 3, 5, 7$. Hodnoty užitkové funkce u_{ij} byly definovány obvyklým způsobem

$$u_{ij} = (y_{ij} - h_j) / (h_j - d_j), \quad \text{kde } i = 1, 3, 5, 7, j = 1, 2, \dots, 6$$

a kde h_j znamená nejlepší a d_j nejhorší možný výsledek pro kritérium $Krit_j$.

E.2.5. Krok 5 – Výběr nejlepší varianty

V tabulce Tab. E.28 jsou pro každou variantu uvedeny hodnoty jednotlivých kritérií a zvolené nejlepší a nejhorší výsledky.

	V_1	V_3	V_5	V_7	„nejlepší“ hodnota	„nejhorší“ hodnota
$Krit_1$	171	171	171	171	163	279
$Krit_2$	229,4	229,4	247,7	247,7	216,8	358,3
$Krit_3$	51	25	51	25	0	51
$Krit_4$	93	80	93	71	0	93
$Krit_5$	36,9	36,9	38,9	38,9	0	38,9
$Krit_6$	90,9	92,9	97,6	99,6	0	99,6

Tab. E.28 Hodnoty kritérií pro jednotlivé varianty

Poznamenejme, že vzhledem k tomu, že defuzzifikované hodnoty doby trvání projektu jsou ve všech variantách shodné, toto kritérium by nebylo možné samostatně pro vyhodnocení variant použít a při vícekritériálním posuzování se projeví jen jako konstanta, o kterou se užitková funkce všech variant shodně navýší. Za „nejlepší“ a „nejhorší“ hodnoty byly u prvních dvou kritérií vybrány nejmenší a největší hodnoty doby trvání, resp. nákladů projektu s nenulovým stupněm možnosti. U nákladů projektu tak bylo možné dosáhnout většího rozdílu mezi variantami a ještě více zohlednit při hodnocení variant průběh příslušné funkce příslušnosti.

Následující tabulka Tab. E.29 obsahuje pro každou variantu vypočítané hodnoty dílčí užitkové funkce (zaokrouhlené na tři desetinná místa) pro jednotlivá kritéria

	V_1	V_3	V_5	V_7
$Krit_1$	0,931	0,931	0,931	0,931
$Krit_2$	0,911	0,911	0,782	0,782
$Krit_3$	0,000	0,510	0,000	0,510
$Krit_4$	0,000	0,140	0,000	0,237
$Krit_5$	0,051	0,051	0,000	0,000
$Krit_6$	0,087	0,067	0,020	0,000

Tab. E.29 Hodnoty dílčí užitkové funkce pro jednotlivá kritéria a varianty

Tabulka Tab. E.30 obsahuje pro každou variantu hodnoty dílčí užitkové funkce pro jednotlivá kritéria vynásobené vahou kritéria, celkovou hodnotu užitkové funkce a výsledné pořadí varianty

	váha	V_1	V_3	V_5	V_7
$Krit_1$	0,25	0,233	0,233	0,233	0,233
$Krit_2$	0,25	0,228	0,228	0,195	0,195
$Krit_3$	0,15	0,000	0,076	0,000	0,076
$Krit_4$	0,15	0,000	0,021	0,000	0,035
$Krit_5$	0,10	0,005	0,005	0,000	0,000
$Krit_6$	0,10	0,009	0,007	0,002	0,000
užitková funkce	–	0,474	0,570	0,430	0,540
pořadí varianty	–	3	1	4	2

Tab. E.30 Výsledná užitková funkce a pořadí variant

Jak je uvedeno v tabulce Tab. E.30, na základě zvolených kritérií byla jako nejlepší varianta plánu projektu vyhodnocena varianta V_3 . Patří mezi dvě levnější varianty (V_1 a V_3), a vyznačuje se poměrně nízkou neurčitostí v očekávané době trvání projektu. V tomto směru nejlepší je sice varianta

V₇, u které je neurčitost jak doby trvání, tak nákladů projektu nejnižší, nicméně její náklady jsou nejvyšší ze všech variant a to ji posunulo v celkovém hodnocení na druhé místo.

Po prodiskutování a zvážení výsledků porovnání variant byla pro realizaci projektu opravdu zvolena varianta V₃. Přestože při skutečné implementaci převažovaly doby trvání a s tím související náklady vyšší než ty, u kterých se předpokládal nejvyšší stupeň možnosti, celkově se podařilo dodržet termíny i náklady, které byly u této varianty očekávané se stupněm možnosti 0,5. Pro mě, jako pro vedoucího projektu, z toho samozřejmě vyplynuly cenné poznatky a další zkušenosti pro plánování příštího projektu a jeho činností. Cíl i požadavky projektu však byly splněny, byly dodrženy i všechny požadované termíny a celkově byl projekt hodnocen jako úspěšný, a to jak interně v naší společnosti, tak i ředitelem společnosti, kde implementace probíhala, který v závěrečné zprávě k projektu mimo jiné uvedl: „Svým aktivním přístupem přispěli pracovníci implementující firmy k tomu, že naše společnost mohla i v náročném období své transformace plynule pokračovat jak v obchodních vztazích se svými zákazníky, tak dostát včas všem účetním, daňovým a dalším zákonným povinnostem. Spolupráce s firmou, která systém dodala a implementovala, je velmi dobrá, služby, které poskytuje, jsou spolehlivé, kvalitní a mají potřebnou odbornou úroveň.“

Analýza průběhu a výsledků projektu leží mimo rámec této mé práce. Jsem však přesvědčena, že detailní příprava a rozbor alternativ možného vývoje projektu provedený před jeho zahájením významně přispěly k relativně klidnému průběhu projektu i k jeho pozitivnímu výsledku. Díky tomu, že jsem místo klasického deterministického přístupu k plánování projektu použila fuzzy přístup a využila vztahy, které jsem dříve odvodila v teoretické části své práce, mohla jsem

- uvažovat při plánování více alternativ, jak mohou jednotlivé činnosti projektu trvat, a tyto alternativy ohodnotit stupněm možnosti.
- lépe odhadnout, jakou lze očekávat celkovou dobu trvání projektu a jaké budou celkové náklady projektu s tím, že jsem znala i stupeň možnosti, že projekt bude příslušnou dobu trvat nebo že bude při jeho realizaci potřeba vynaložit příslušné náklady.
- lépe předem odhalit hrozbu přetížení některého zdroje a eliminovat ji nebo zohlednit při plánování projektu – doplněním nového zdroje, přeplánováním začátku některých činností, nebo zohledněním dopadů přetížení na celkové prodloužení trvání projektu.
- porovnat více variant průběhu projektu na základě různých kritérií a zohlednit i míru neurčitosti, každé uvažované varianty projektu.